



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL,  
ARQUITETURA E URBANISMO  
PROGRAMA DE PÓS GRADUACAO EM  
ENGENHARIA CIVIL**

**Diretrizes para formulação de método  
hierarquizado para investigação de patologias  
em sistemas prediais hidráulicos e sanitários**

**Sérgio Frederico Gnipper**

**Campinas, SP  
2010**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

**Sérgio Frederico Gnipper**

**Diretrizes para formulação de método hierarquizado para investigação  
de patologias em sistemas prediais hidráulicos e sanitários**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Arquitetura e Construção.

Orientadora: **Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marina Sangoi de Oliveira Ilha**

Campinas, SP  
2010

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

G533d Gnipper, Sérgio Frederico  
Diretrizes para formulação de método hierarquizado para investigação de patologias em sistemas prediais hidráulicos e sanitários / Sérgio Frederico Gnipper. -- Campinas, SP: [s.n.], 2010.

Orientador: Marina Sangoi de Oliveira Ilha.  
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Projetos sanitários. 2. Patologia de construção. 3. Instalações hidráulicas e sanitárias. 4. Edifícios - Manutenção. I. Ilha, Marina Sangoi de Oliveira. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Título em Inglês: Guidelines for the formulation of a hierarchized method for investigation of building plumbing and drainage systems pathologies

Palavras-chave em Inglês: Sanitation projects, Building pathology, Plumbing and sanitary, Buildings - Maintenance

Área de concentração: Arquitetura e Construção

Titulação: Mestre em Engenharia Civil

Banca examinadora: Simar Vieira de Amorim, Doris Catharine Cornélie Knatz Kowaltowski

Data da defesa: 31/08/2010

Programa de Pós Graduação: Engenharia Civil

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E URBANISMO**

**Sérgio Frederico Gnipper**

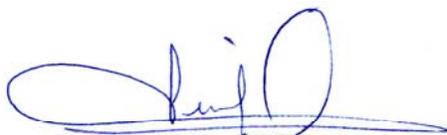
**Diretrizes para formulação de método hierarquizado para investigação  
de patologias em sistemas prediais hidráulicos e sanitários**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração de Arquitetura e Construção.

Aprovada em 31/08/2010 pela Banca Examinadora, constituída por:



Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marina Sangoi de Oliveira Ilha  
Presidente e Orientadora – **FEC/UNICAMP**



Prof. Dr. Simar Vieira de Amorim  
**DECiv/UFSCar**



Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Doris Catharine Cornelie Knatz Kowaltowski  
**FEC/UNICAMP**

Campinas, 31 de agosto de 2010.

À minha mãe Lindalva, que dedicou a sua vida para os filhos,  
ao meu pai Paulo (*in memoriam*), em cujo exemplo me inspiro até hoje,  
aos meus filhos Suzana, Patrícia e Eduardo, como estímulo para a persistência no estudo,  
aos meus sogros Carlos (*in memoriam*) e Hélia (*in memoriam*),  
com profunda gratidão por tudo o que por mim fizeram  
e especialmente à Rosana, que uma vez lamentou nunca ter recebido uma dedicatória;  
não importa que a vida, a certa altura, tenha nos levado a trilhar caminhos distintos  
e sim que os nossos laços de alma são eternos.

## AGRADECIMENTOS

Devo este trabalho à oportunidade que me foi concedida pela Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Marina Sangoi de Oliveira Ilha, sugerindo cursar pós-graduação e generosamente me acolhendo como seu orientando. Muito mais do que um relacionamento acadêmico formal, esta verdadeira Mestre, douta não só em Engenharia, mas sábia na vida, me proporcionou em todos os momentos respeito e consideração. Mais do que isso, me trouxe motivação e esperança numa fase muito difícil que atravessei. A tenho em elevada consideração, modelo a seguir em múltiplos aspectos. Me sinto seu sincero devedor. Agradecimentos textuais de praxe são muito pouco para expressar a minha gratidão, mas aqui vão: muito obrigado por tudo!

Tenho também muito a agradecer à Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Doris C. C. K. Kowaltowski e ao Prof. Dr. Simar V. Amorim pela paciência na leitura do texto preparado para o exame de qualificação e principalmente pelas valiosas observações, com o fito de corrigir imperfeições e melhorar o trabalho, e pelas oportunas sugestões, incorporadas ao presente texto.

Também não poderia deixar de agradecer aos colegas da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP, em especial os freqüentadores do Lepsis, por todos os momentos agradáveis que me proporcionaram, mas especialmente pelo convívio, amizade e solidariedade. Com perdão antecipado pela eventual omissão de algum nome, meus sinceros agradecimentos, em ordem cronológica, à Marília, Jorge Venâncio, Denise, Caio, Marcus, Leonel, Juliana, Cláudia, Márcia, Patrícia e Paula.

Agradeço ainda aos funcionários do Departamento de Arquitetura e Construção, Miguel e Jéssica, e da Secretaria da Pós-Graduação da FEC, Paula e Jéssica, e à Prof<sup>ª</sup> Sílvia A. Mikami G. Pina, representante na CPG, pela colaboração e solicitude que demonstraram sempre que deles precisei.

Agradeço também aos responsáveis por disciplinas cursadas na pós-graduação, Prof. José Roberto Guimarães, Prof<sup>ª</sup> Lucila C. Labaki, Prof. Flávio Picchi e Prof. Carlos Gomes N. Mendes, pelas excelentes aulas, empenho pessoal e dedicação que em muito superaram o simples compromisso profissional.

Finalmente agradeço a existência da Unicamp, verdadeiro centro de excelência neste país, que me proporcionou ensino gratuito e de qualidade.

***“Falling down is part of growing up”***

(Henry Petroski, 1993)

***“Todos os materiais são bons; nós é que fazemos com eles construções ruins.  
Nós construímos com métodos de anteontem, com materiais de ontem, com a  
mentalidade de hoje, para usos de amanhã”***

(Raimund Probst, 1970)

## RESUMO

GNIPPER, Sérgio Frederico. **Diretrizes para formulação de método hierarquizado para investigação de patologias em sistemas prediais hidráulicos e sanitários.** Campinas, 2010. 287 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas.

Os sistemas prediais hidráulicos e sanitários (SPHS) vêm comparecendo com relevante frequência em resultados de levantamentos de manifestações patológicas. Em geral, as patologias de maior incidência não envolvem sérios riscos à vida ou à saúde, mas podem causar aborrecimentos e desconforto decorrentes dos sintomas comuns de suas manifestações. Contudo, algumas patologias podem propiciar a propagação de micro-organismos potencialmente patogênicos dentro dos próprios componentes, como os causadores de legioneloses e da síndrome respiratória severa aguda. Este quadro mostra a importância de um método adequado para a investigação, supressão e prevenção desse gênero de patologias. Existem métodos formulados para a investigação de patologias construtivas genéricas nas edificações, mas que não incorporam etapas e recursos importantes para a adequada solução de problemas frequentes nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários, como a ênfase na sintomatologia e o exame detalhado do projeto para o estabelecimento do diagnóstico, além da priorização das propostas de intervenções corretivas e preventivas. Neste trabalho faz-se uma análise comparativa de alguns desses métodos, estabelecendo um paralelo com o MASP-PDCA, e propõe-se diretrizes para a formulação de um método hierarquizado para investigação de patologias em SPHS a partir de estudo de casos múltiplos de levantamentos patológicos em edifícios localizados no município de Curitiba, além de sugerir meios para a prevenção de patologias freqüentes verificadas nos SPHS, visando a melhoria da qualidade. Com isto, espera-se contribuir para o desenvolvimento de uma ferramenta útil tanto para a manutenção do desempenho ao longo da vida útil do edifício como para retroalimentar o processo de projeto.

**Palavras-chave:** sistemas prediais hidráulicos e sanitários, patologias construtivas, qualidade dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários

## ABSTRACT

GNIPPER, Sérgio Frederico. **Guidelines for the formulation of a hierarchized method for investigation of building plumbing and drainage systems pathologies.** Campinas, 2010. Civil Engineering Master of Science Thesis - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas.

Building Plumbing and Drainage Systems are expressively frequent in pathologic manifestation survey results. Most assiduous problems are not generally related to serious life and health risks but use to cause annoyance and discomfort due to their characteristic symptoms. However some of these pathologies may cause propagation of potentially pathogenic microorganisms at those system components, such as legionellosis and Severe Acute Respiratory Syndrome. This situation reveals the importance of an adequate method for investigation, suppression e prevention of these kinds of pathologies. There are methods formulated for general building pathology investigations, but they do not aggregate stages and resources relevant for the solution of frequent problems of building plumbing and drainage systems, such as the emphasis on symptomatology and detailed design analysis in order to set diagnosis as well as to establish priority for corrective and preventive interventions. This work makes a comparative analysis of some of those methods and draws a parallel with PDCA method regarding further proposition of guidelines for the formulation of a hierarchized method for the investigation of building plumbing and drainage system pathologies based upon multiple case studies of buildings at Curitiba City. Moreover it suggests feedback means for the prevention of frequent pathologies of building plumbing and drainage systems in order to improve quality. The aim of this work is to contribute to the development of an useful tool to maintain serviceable lifetime building performance and help design process feedback.

**Keywords:** Building Plumbing and Drainage Systems, Building Pathologies, Building Plumbing and Drainage Systems Quality.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xiii
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xx
<b>LISTA DE QUADROS</b> .....	xxi
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	xxii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1 Contexto e justificativas .....	1
1.2 Questão e objetivos de pesquisa .....	13
1.3 Delimitações da pesquisa.....	14
1.4 Resumo do método de pesquisa .....	14
1.5 Estrutura do trabalho .....	15
<b>2 PATOLOGIAS EM SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS</b> .....	17
2.1 Incidência e origem de patologias .....	17
2.2 Visão sistêmica e desempenho dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários .....	31
2.3 Requisitos de desempenho e patologias .....	36
2.4 Qualidade dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários .....	38
2.5 O Método de Análise e Solução de Problemas com enfoque no ciclo PDCA .....	41
2.6 Durabilidade, vida útil e manutenção predial .....	45
2.6.1 Manutenção predial planejada preventiva .....	54
2.6.2 Manutenção predial planejada preditiva .....	55
2.6.3 Manutenção predial não planejada corretiva .....	57
2.6.4 Aspectos econômicos da manutenção predial .....	61

2.7 Conceituação e taxonomia de patologias em SPHS .....	65
2.7.1 Taxonomia das patologias em SPHS quanto à natureza .....	66
2.7.2 Taxonomia das patologias em SPHS quanto à manifestação .....	84
2.7.3 Principais patogenias associadas .....	93
<b>3 MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO DE PATOLOGIAS EM SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS .....</b>	<b>101</b>
3.1 Engenharia Diagnóstica e níveis de abordagem da investigação patológica .....	101
3.2 O método de investigação patológica proposto por Lichtenstein .....	105
3.3 O método de investigação patológica proposto por Almeida .....	109
3.4 O método de investigação patológica proposto pelo CIB .....	113
3.5 Considerações sobre métodos gerais de investigação e solução de patologias construtivas .....	117
3.6 Emprego dos métodos de investigação patológica em Engenharia Legal .....	121
3.6.1 Perícia judicial - laudo pericial .....	124
3.6.2 Início do processo judicial e necessidade de prova pericial .....	126
3.6.3 Plano da atuação pericial e vistoria de campo .....	128
3.6.4 Elaboração do laudo técnico pericial e respostas aos quesitos formulados .....	130
3.6.5 O método empregado por Pontes adaptado a SPHS .....	133
<b>4 MÉTODO DE PESQUISA .....</b>	<b>137</b>
4.1 Abordagem metodológica empregada na pesquisa .....	137
4.2 Descrição do processo de pesquisa .....	139
4.3 Síntese das etapas da pesquisa .....	142
4.4 Meios empregados para a coleta de dados .....	144
4.5 Seleção da amostra e descrição da aplicação nos estudos de caso .....	145

<b>6 DIRETRIZES PARA FORMULAÇÃO DE MÉTODO HIERARQUIZADO DE INVESTIGAÇÃO E SUPRESSÃO DE PATOLOGIAS EM SPHS</b> .....	151
5.1 Análise e interpretação dos dados – ressalvas .....	152
5.2 Incidência de patologias e não conformidades .....	153
5.3 Contribuições da analogia do MASP-PDCA com método geral de investigação .....	157
5.4 Delineamento preliminar de um método hierarquizado para investigação e supressão de patologias em SPHS .....	164
5.5 Fase inicial: identificação dos problemas – anamnese, sintomatologia, exames .....	166
5.5.1 Vistoria inicial .....	166
5.5.2 Anamnese das patologias .....	170
5.5.3 Sintomatologia e exames .....	179
5.6 Diagnóstico das patologias: identificação das causas dos problemas .....	189
5.7 Definição de conduta: prognóstico das patologias .....	192
5.8 Terapêutica e profilaxia: tipologia das ações corretivas e preventivas .....	195
5.9 Priorização das intervenções corretivas e medidas preventivas .....	203
5.10 Retroalimentação visando a prevenção de patologias nos SPHS .....	205
<b>6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	211
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	215
<b>APÊNDICE A:</b> Algumas origens de infiltração de água que podem ensejar falso indício de vazamento de tubulações de SPHS .....	232
A.1 Infiltração de água interna por rejuntas de azulejos de box de chuveiro .....	232
A.2 Infiltração de água externa por microfissuras de rejuntas de pastilhas ou cerâmica de fachada .....	234
A.3 Infiltração de água em lavagens de piso .....	235
<b>APÊNDICE B:</b> Alguns dos problemas encontrados nos estudos empíricos e a respectiva conduta adotada .....	237

<b>APÊNDICE C:</b> Tabulação de dados relevantes dos questionários por aparelho sanitário e ambiente sanitário .....	241
<b>APÊNDICE D:</b> Mapeamento de dados relevantes dos questionários .....	242
<b>APÊNDICE E:</b> Esboço de banco de dados de anomalias e não conformidades para montagem de lista de verificação ( <i>check list</i> ) .....	243
<b>APÊNDICE F:</b> Modelo de planilha de anomalias em sequência topológica .....	262
<b>APÊNDICE G:</b> Métodos Hierárquicos .....	263
G.1 Sistemas de apoio à decisão .....	263
G.2 Análise multicritério .....	267
G.3 O método ELÈCTRE III .....	270
<b>ANEXO 1:</b> Exemplo de caracterização adicional de edifício objeto de estudo de caso (EC3) .....	277

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Misturador e ponto de utilização ducha higiênica .....	2
Figura 1.2	Sentido de fluxo no tê misturador com o gatilho da ducha manual aberto e fechado .....	3
Figura 1.3	Penetração de água quente em ramal de água fria através de misturador de ducha com gatilho .....	3
Figura 1.4	Interrupção brusca do escoamento e ocorrência de transiente de pressão .....	5
Figura 1.5	Mancha de umidade em teto de banheiro causada por condensação de umidade na tubulação de água fria, erroneamente atribuída a vazamento .....	9
Figura 1.6	Gotejamentos oriundos de infiltrações de água pela interface entre caixa sifonada e saída de bacia sanitária e a argamassa permeável de vedação periférica .....	10
Figura 2.1	Desconforto psicológico causado pela inexistência de forros falsos em banheiros de HIS .....	18
Figura 2.2	Ciclo da construção civil segundo o PBQP .....	19
Figura 2.3	Origem de patologias construtivas em diferentes países europeus nos anos 70 .....	19
Figura 2.4	Origem de patologias construtivas em diferentes países .....	20
Figura 2.5	Interferências de tubulações com vigas por falta de prévia compatibilização entre os projetos .....	22
Figura 2.6	Segregação de ar em colo alto de trecho de conduto forçado com formato de sifão .....	26
Figura 2.7	Segregação de ar em ondulações de tubulações horizontais deformáveis apoiadas sobre calços .....	27
Figura 2.8	Pré-montagem de <i>kits</i> hidráulicos como prevenção a patologias decorrentes da execução .....	27
Figura 2.9	Pré-montagem de <i>kits</i> hidráulicos como prevenção a patologias decorrentes da execução .....	28
Figura 2.10	Armazenamento inadequado de tubos plásticos no canteiro (exposição à radiação solar direta) .....	29
Figura 2.11	Aplicação do conceito de desempenho ao edifício e seus subsistemas .....	37

Figura 2.12	Ciclo PDCA de controle de processos .....	42
Figura 2.13	Melhoramento contínuo baseado em seqüências de aplicação do PDCA .....	43
Figura 2.14	Perda de desempenho com o tempo .....	47
Figura 2.15	Variação das propriedades de materiais e componentes ao longo do tempo .....	48
Figura 2.16	Influência da manutenção na durabilidade de materiais e componentes .....	49
Figura 2.17	Curva teórica de perda de desempenho com influência da manutenção .....	49
Figura 2.18	Diagrama de evolução do desempenho ao longo do tempo .....	51
Figura 2.19	Presença de umidade em laje rebaixada e em parede externa de banheiro sugestivas de vazamentos a partir de tubulações embutidas .....	55
Figura 2.20	Desenvolvimento da manutenção preditiva .....	56
Figura 2.21	Tubulações acessíveis alojadas dentro de carenagem, sanca e rodapé .....	59
Figura 2.22	Tampa removível de fibra para <i>shaft</i> em box de chuveiro e galeria vertical com escada de acesso .....	60
Figura 2.23	Dificuldades de acesso para manutenção emergencial pela exigüidade de espaço para SPS .....	60
Figura 2.24	Nível ótimo de manutenção que minimiza os custos totais .....	62
Figura 2.25	Nível ótimo de manutenção que maximiza os benefícios .....	62
Figura 2.26	Lei dos Cinco ou Regra de <i>Sitter</i> .....	62
Figura 2.27	Valas drenantes dotadas de mantas geotêxteis envolventes .....	63
Figura 2.28	Presença de partículas finas de solo em suspensão dentro do poço de drenagem do subsolo indicativas da inexistência de mantas geotêxteis envolventes às valas .....	64
Figura 2.29	Afloramento de água de lençol no piso do subsolo devido à colmatação das valas drenantes .....	65
Figura 2.30	Exemplo de anomalia endógena: transbordamento de calha pela desconsideração da contribuição adicional de áreas verticais adjacentes à área de projeção horizontal sob chuva impelida pelo vento .....	67

Figura 2.31	Exemplo de anomalia exógena natural: reparo de vazamento na base de tubo de PVC marrom exposto à radiação solar direta sofrendo degradação, esbranquiçamento e fissuramento .....	68
Figura 2.32	Exemplo de anomalia exógena funcional: corrosão por pite em tubos de ferro fundido e de aço .....	69
Figura 2.33	Exemplo de vício aparente: deságue direto de tubo extravasor desprovido de tubulação de aviso .....	70
Figura 2.34	Deságüe livre de extravasor de reservatório elevado .....	70
Figura 2.35	Exemplos de vícios ocultos: irregularidades diversas em centrais redutoras de pressão .....	71
Figura 2.36	Exemplo de vício redibitório: corrosão prematura de válvulas redutoras de pressão de ferro fundido instaladas em central redutora de pressão de água quente .....	73
Figura 2.37	Exemplo de defeito construtivo: tubulação de gás dentro de forro falso desprovida de tubo-luva .....	74
Figura 2.38	Envolvimento de feixe de tubos de gás correndo dentro de forro falso com duto-luva ventilado .....	76
Figura 2.39	Exemplos de não conformidade à boa técnica: conformação de curvas em tubos plásticos mediante aquecimento com chama de maçarico a gás .....	83
Figura 2.40	Síntese das patologias construtivas quanto à natureza .....	84
Figura 2.41	Tubulações de aço embutidas em contrapiso sem proteção superficial, enfitamento protetor e tubulação de gás enfitada na parte enterrada .....	87
Figura 2.42	Corrosão e vazamento de gás em tubulações de aço enterradas sem proteção superficial .....	88
Figura 2.43	Componentes de aquecedores de acumulação vertical (a gás – esq.) e horizontal .....	90
Figura 2.44	Aquecedor de acumulação com o topo situado abaixo da saída de alimentação do reservatório .....	91
Figura 2.45	Aquecedor de acumulação com o topo situado acima da saída de alimentação do reservatório .....	91
Figura 2.46	Efeitos da explosão de aquecedor de acumulação de baixa pressão com tambor de fibra de vidro .....	93
Figura 2.47	Presença de biofilme na parede interna de reservatório doméstico de água fria .....	95

Figura 2.48	Formação e aderência de biofilmes em incrustações de ferrugem em tubos e acessórios .....	96
Figura 2.49	Demonstração do arraste de água de um ramal inutilizado .....	100
Figura 3.1	Níveis sucessivos de abrangência da investigação patológica .....	104
Figura 3.2	Estrutura do método para a resolução de problemas patológicos proposto por Lichtenstein .....	105
Figura 3.3	Fluxograma de atuação para a resolução dos problemas patológicos .....	108
Figura 3.4	Esquema de implantação da metodologia de ADO .....	110
Figura 3.5	Método de investigação e solução de uma dada patologia construtiva proposto pelo CIB .....	114
Figura 3.6	Método de investigação de patologias construtivas proposto pelo CIB .....	116
Figura 3.7	Aberturas exploratórias em diferentes locais de um <i>shaft</i> não visitável revelando pontos de vazamento na costura de tubulação de aço galvanizado para recalque de água potável .....	122
Figura 3.8	Participação de perito e assistentes técnicos em ação judicial .....	128
Figura 3.9	Etapas do trabalho do perito no processo judicial .....	132
Figura 4.1	Etapas do desenvolvimento da pesquisa .....	143
Figura 5.1	Processo de Resolução de Problemas .....	158
Figura 5.2	Delineamento preliminar de um método hierarquizado para patologias em SPHS .....	164
Figura 5.3	Detalhamento preliminar das ações de um método hierarquizado para patologias em SPHS .....	165
Figura 5.4	Vistoria inicial: constatação de falta de manutenção – acúmulo de sujeira em placas solares cujo sistema de aquecimento apresenta elevado consumo energético complementar .....	167
Figura 5.5	Vistoria inicial: constatação de falha de manutenção – caixa de gordura saturada de material graxo retido (esq. e centro ), ocasionando entupimento no escoamento de esgoto, e depois de limpa (dir.) .....	168
Figura 5.6	Vistoria inicial: constatação de patologia que representa risco à vida – aquecedor de passagem a gás desprovido de chaminé individual e instalado em ambiente sem aberturas de ventilação permanente .....	168

Figura 5.7	Exigência de chaminé individual para aquecedor de água a gás e de aberturas superior e inferior de ventilação permanente no ambiente .....	170
Figura 5.8	Exemplo de erro de dimensionamento que gera manutenção: aumento indevido da seção do coletor predial de esgoto ocasionando entupimentos frequentes .....	174
Figura 5.9	Deposição de sólidos na região inicial de subcoletor devido à redução da velocidade de escoamento e da altura da lâmina líquida em caso de aumento de seção da tubulação .....	174
Figura 5.10	Medidores de vazão não invasivos por ultrassom e por tempo de trânsito .....	180
Figura 5.11	Pesquisa e detecção de vazamento de gás em acoplamento de tubulação de cobre flexível ( <i>dryseal</i> ) indevidamente embutida em contrapiso .....	181
Figura 5.12	Exemplos de dificuldades de acesso para inspeção: tubulações embutidas (esq.), dentro de forro falso (centro) e dentro de <i>shaft</i> de alvenaria sem acesso (dir.) .....	187
Figura 5.13	Exemplo de dificuldade na estimativa da ocorrência da manifestação patológica na fase de prognóstico: constatação de par galvânico sem indício aparente de corrosão nas conexões de ferro galvanizado .....	194
Figura 5.14	Exemplo de medida urgente: recomendação de imediata desativação de aquecedor a gás desprovido de chaminé, instalado em local sem aberturas de ventilação permanente .....	195
Figura 5.15	Exemplo de medida urgente: recomendação de imediata desativação de aquecedor a gás des- provido de chaminé, instalado dentro de ambiente sem aberturas de ventilação permanente .....	196
Figura 5.16	Exemplo de medida urgente: recomendação de construção de soleira elevada na porta de acesso à laje de tampa de reservatório de água potável e construção de golas nas aberturas de inspeção .....	196
Figura 5.17	Exemplo de medida de curto prazo: adequação de tubulação de gás correndo dentro de forro falso desprovido de tubo-luva ventilado nas extremidades .....	197
Figura 5.18	Exemplo de medidas de médio prazo: eliminação de corrosão em conexões de ferro galvanizado induzida pela formação de pares galvânicos .....	198
Figura 5.19	Exemplo de medida de longo prazo: correção, por ocasião de reforma, de discreto colo alto (sifão) em tubulação de distribuição de água fria segregando ar e reduzindo a vazão .....	199

Figura 5.20	Exemplo de medida paliativa: pintar com tinta refletiva de alto brilho trechos esbranquiçados de tubos de PVC marrom expostos à radiação ultravioleta .....	199
Figura 5.21	Exemplos de medidas paliativas: adoção de grelha retrátil em caixa sifonada sujeita a refluxo de esgoto por ação de sobrepressão (esq. e centro) ou substituição por dispositivo antiespuma (dir.) .....	200
Figura 5.22	Exemplos de simples registro da não conformidade de origem: inversão dos pontos de água fria e quente na ligação de aquecedor instantâneo (esq.) e instalação de pontos alinhados (centro e dir.) .....	201
Figura 5.23	Exemplos de simples registro da não conformidade de origem: alinhamento dos pontos de água fria e quente na ligação de aquecedor instantâneo (esq.) em desacordo com o padrão da ABNT (centro/dir.) .....	201
Figura 5.24	Exemplos de simples registro de não conformidade sem solução viável: abrigo de medidores de gás em hall de serviço (esq.) desprovido de grelha externa ou duto de ventilação permanente (dir.) .....	202
Figura 5.25	Retroalimentação com ênfase para o projeto na prevenção da ocorrência de patologias em SPHS .....	206
Figura A.1	Infiltração de água interna por rejuntas de azulejos de box de chuveiro .....	232
Figura A.2	Gotejamento de água pela argamassa de vedação de ralo sifonado proveniente de infiltração interna ou externa, erroneamente atribuído a vazamento do SPHS .....	233
Figura A.3	Infiltração de água interna por rejuntas de azulejos de box de chuveiro .....	233
Figura A.4	Infiltração de água interna por rejuntas de azulejos de box de chuveiro .....	234
Figura A.5	Infiltração de água interna por rejuntas de azulejos de box de chuveiro .....	235
Figura A.6	Infiltração de água em lavagens de piso não impermeabilizado .....	236
Figura A.7	Infiltração de água em lavagens de piso não impermeabilizado e condução ao longo de prumada embutida em alvenaria .....	236
Figura B.1	Resíduos particulados depositados no piso circundante de ralo sifonado de área de serviço objeto de refluxo de esgoto em simulação de descargas para constatação de sobrepressão .....	237
Figura B.2	Formação de sobrepressão na porção inferior de tubo de queda .....	238
Figura B.3	Fenômeno da sobrepressão .....	239

Figura B.4	Existência de pares galvânicos entre conexões de ferro fundido maleável galvanizado e válvulas de bronze na central redutora de pressão .....	240
Figura A1.1	Fotos parciais de fachadas do edifício ED3 .....	277
Figura A1.2	Alvará de construção do edifício ED3 registra a data de início da obra .....	278
Figura A1.3	Planta baixa do subsolo (sem escala) do edifício ED3 .....	283
Figura A1.4	Planta baixa do pavimento térreo (sem escala) do edifício ED3 .....	284
Figura A1.5	Planta baixa do pavimento tipo (sem escala) do edifício ED3 .....	285
Figura A1.6	Planta baixa do pavimento do apartamento de zelador (sem escala) do edifício ED3 .....	286
Figura A1.7	Planta baixa do telhado de cobertura e casa de máquinas (sem escala) do edifício ED3 .....	287

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 Classificação dos subsistemas do edifício .....	33
Tabela 2.2 Relação das necessidades dos usuários .....	34
Tabela 2.3 Fatores geradores de desgastes (agentes de degradação) dos SPHS .....	35
Tabela 4.1 Caracterização dos edifícios objeto de estudos de caso .....	148
Tabela 5.1 Patologias e não conformidades normativas mais freqüentes/relevantes .....	154
Tabela 5.2 Pesos e eventos adotados para a ponderação pelo método GUT .....	156
Tabela 5.3 Simultaneidade de descargas para simulação de pico de contribuição .....	183

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Terminologias adotadas para as etapas do empreendimento .....	40
Quadro 2.2 – Etapas do MASP associado ao PDCA .....	45
Quadro 6.1 – 1ª Etapa: Identificação do problema .....	159
Quadro 6.2 – 2ª Etapa: Observação das características do problema .....	159
Quadro 6.3 – 3ª Etapa: Análise das causas principais do problema .....	160
Quadro 6.4 – 4ª Etapa: Plano de ação – elaboração de estratégias .....	161
Quadro 6.5 – 5ª Etapa: Ação para eliminação das causas .....	161
Quadro 6.6 – 6ª Etapa: Verificação da eficácia da ação .....	161
Quadro 6.7 – 7ª Etapa: Padronização para eliminação definitiva das causas .....	162
Quadro 6.8 – 8ª Etapa: Conclusão – recapitulação de atividades desenvolvidas e planejamento para o futuro .....	162

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRASIP – Associação Brasileira de Sistemas Prediais

ADO – avaliação durante operação

AHP – *Analytic Hierarchic Process*

ANA – Agência Nacional de Águas

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

APO – avaliação pós-ocupação

ASTM – *American Society for Testing Materials*

BOCA – *Building Officials and Code Administrators International*

BSI – *British Standardization Institution*

CDHU – Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo

CIB – *International Council for Research and Innovation in Building and Construction*

CIB W80 - *Prediction of Service Life of Building materials and Components Working Commission*

CIB W86 – *Building Pathology Working Commission*

CONMETRO - Conselho Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial

CREA-PR - Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Estado do Paraná

CRP – central redutora de pressão

CRP – central redutora de pressão

CSTC – *Centre Scientifique et Technique de la Construction*

EC – estudo de caso

EE – estudo exploratório

ELECTRE - *Elimination et Choix Traduisant la Réalité*

GLP – gás liquefeito de petróleo

HIS – habitação de interesse social

IBAPE-SP – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo

ICBO – *International Conference of Building Officials*

ICC – *International Code Council*

IEA - *International Energy Agency*

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

ISO – *International Organization for Standardization*

MASP – método de análise e solução de problemas

MCDA – *Multiple Criteria Decision Aid*

MCDM – *Multiple Criteria Decision Making*

ONS - Organismos de Normalização Setorial

PBQP – Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade

PDCA – *Plan - Do - Check – Act*

PVC – cloreto de polivinila

RILEM - *Réunion Internationale des Laboratoires et Experts des Matériaux, systèmes de construction et ouvrages*

SAD – sistema de apoio à decisão

SARS – *Severe Acute Respiratory Síndrome*

SBCCI – *Southern Building Code Congress International*

SINMETRO – Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

SPHS – sistemas prediais hidráulicos e sanitários

TQC – *Total Quality Control*

# 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho versa sobre a ocorrência de patologias em sistemas prediais hidráulicos e sanitários e propõe diretrizes para a formulação de um método para investigação e supressão dessas patologias, aplicadas em edifícios no município de Curitiba – PR, provenientes da adequação de metodologia usualmente empregada para identificar e solucionar patologias construtivas em geral.

Neste capítulo são apresentados o contexto em que este estudo se insere e a justificativa para formular diretrizes para o desenvolvimento de um método hierarquizado para a solução de tais problemas do edifício. São ainda tratadas a hipótese implícita e respectiva questão de pesquisa, que remetem à apresentação de um resumo do método de trabalho empregado. Por fim, é apresentada a estruturação adotada para este trabalho.

## 1.1 Contexto e justificativa

Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários (SPHS) são o conjunto de componentes das edificações destinados a conduzir, armazenar e distribuir água potável para o consumo humano, permitir sua utilização adequada, coletar os correspondentes efluentes e destiná-los a um sistema público de coleta ou dispô-los de forma e em local apropriados, ou ainda propiciar o seu reuso no próprio edifício. Também se destinam a captar, transportar e dispor adequadamente as águas pluviais incidentes, com ou sem o seu aproveitamento para usos não potáveis no edifício. Gonçalves (1994) definiu os SPHS como os sistemas físicos integrados a um edifício que têm por finalidade dar suporte às atividades dos usuários, suprimindo-os com os insumos prediais necessários e propiciando os serviços requeridos.

Seguindo convenção não formal existente no meio técnico, neste trabalho, sob essa designação geral, além dos sistemas prediais de água fria, água quente, esgoto sanitário e águas pluviais, estão ainda compreendidos o sistema predial de gás combustível e o sistema hidráulico de combate a incêndio por hidrantes. Todos estes sistemas se subdividem em agrupamentos integrados menores, com funções específicas, ditos subsistemas. Eles, por sua vez, interagem entre si e compõem um todo, a saber, o respectivo sistema predial, cujos atributos e funções ultrapassam aqueles dos seus subsistemas tomados em conjunto (AMORIM, 1989a).

A incorporação dos SPS ao ambiente construído foi relativamente recente, tendo ocorrido somente a partir da segunda metade do século XIX (LANDI, 1993). Entre outras causas, os avanços científicos no conhecimento do processo de transmissão de doenças de veiculação hídrica criaram meio propício para um maior conhecimento dos fenômenos hidráulicos, pneumáticos, mecânicos e térmicos associados. Isto levou a um grande desenvolvimento dos SPS, particularmente nas últimas seis décadas (AMORIM, 1989b). Entretanto, a disseminação desses conhecimentos no meio técnico tem sido lenta e desproporcional à atual velocidade de produção de novos conhecimentos, novas tecnologias de aplicação, novas concepções sistêmicas e novos materiais, componentes e equipamentos. Isto tem contribuído para uma defasagem entre o que já se conhece a respeito e aquilo que tem sido efetivamente agregado às edificações, o que dá oportunidade à ocorrência de patologias de diversas ordens.

Um típico exemplo foi a rápida adoção das duchas higiênicas dotadas de gatilho para comando manual depois do seu lançamento no mercado de equipamentos sanitários. O uso deste dispositivo pressupõe sua ligação a um misturador de água fria e quente dotado de registros de pressão para regulação da vazão e temperatura de utilização (Figura 1.1).

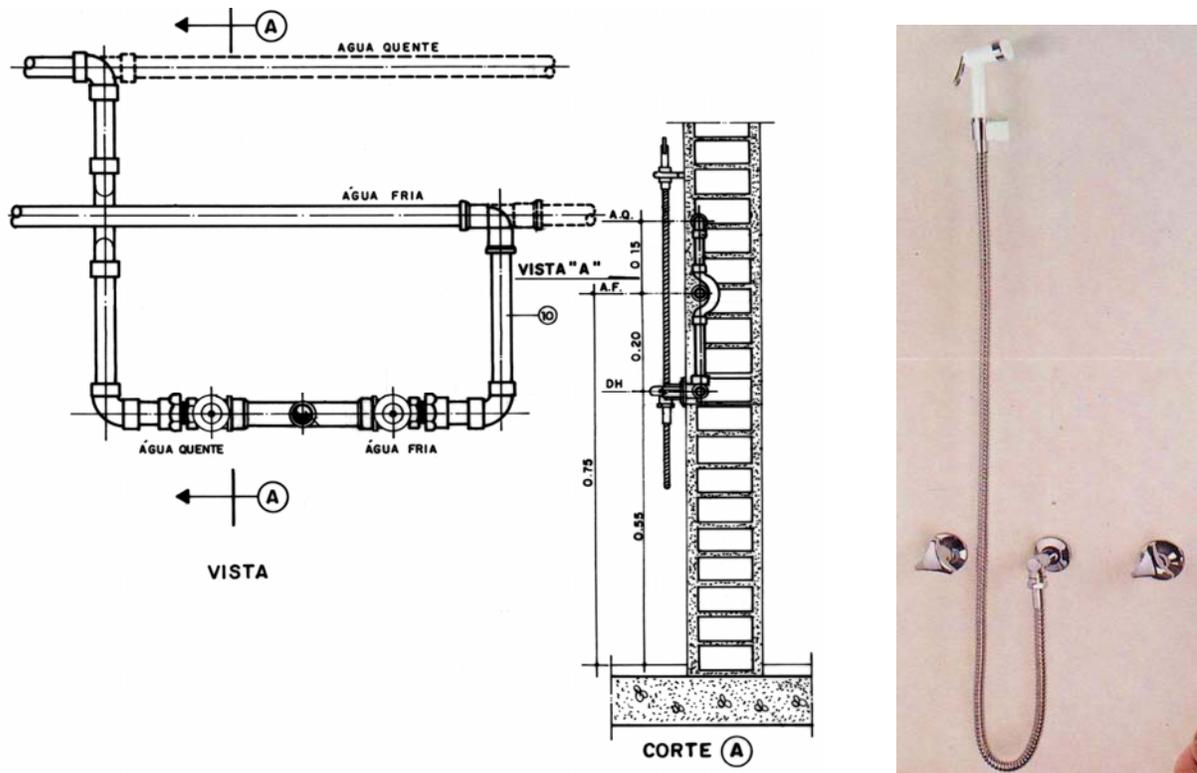


Figura 1.1 – Misturador e ponto de utilização ducha higiênica (Fonte: Catálogo Fabrimar)

A defasagem mencionada proporciona o ensejo da penetração indevida de água quente na rede de distribuição de água fria, e vice-versa, caso os registros de pressão sejam mantidos abertos e o gatilho da ducha manual fechado, segundo ilustrado nas Figuras 1.2 e 1.3. Esta condição pode resultar em consequências desastrosas para ambas as redes de tubulações e seus usuários.

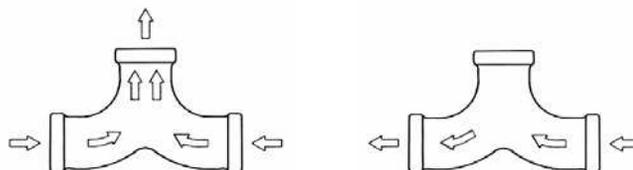


Figura 1.2 – Sentido de fluxo no tê misturador com o gatilho da ducha manual aberto (esq.) e fechado (dir.)

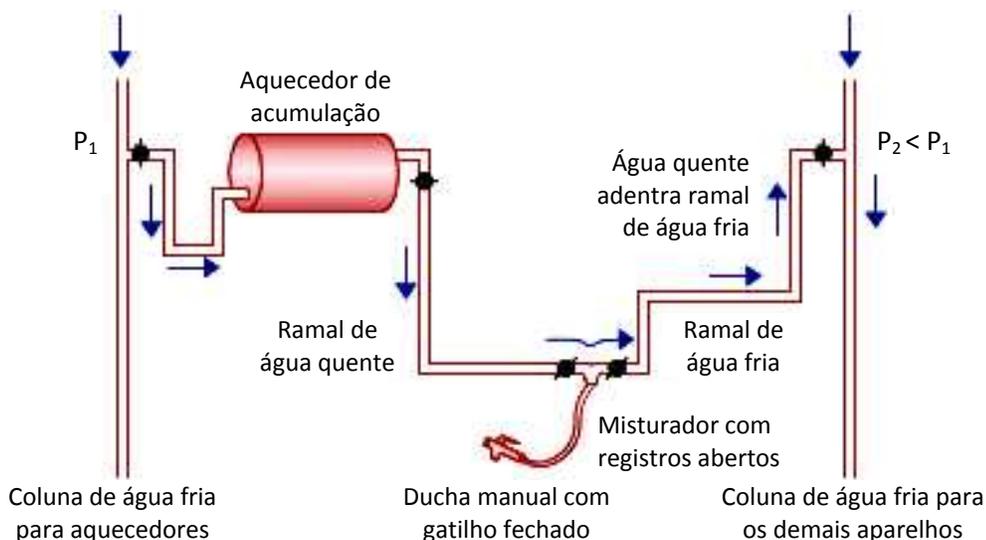


Figura 1.3 – Penetração de água quente em ramal de água fria através de misturador de ducha com gatilho (Fonte: ALTOQI, [2005])

Neste caso a patologia decorre também da desinformação dos usuários sobre a utilização adequada do produto, evidenciando a importância da sua participação na interação com os sistemas prediais hidráulicos e sanitários do edifício e mesmo a necessidade de treinamento específico em certos casos.

A este propósito, Addleson (1992) chama a atenção para o risco das inovações no âmbito da construção civil, conclamando por um comportamento menos indulgente em relação a inovações não suficientemente testadas, embora concorde não haver como se evitar completamente a ocorrência de defeitos nas edificações. Neste caso se deve, com propriedade, considerar a diferenciação entre a questão da moda e a velocidade de disseminação das inovações no mercado da construção civil.

Segundo Ilha (2009), são características inerentes aos SPS a complexidade funcional intrínseca e a inter-relação dinâmica dos seus diversos subsistemas, além da enorme variedade de materiais, componentes e equipamentos constituintes (tubos, conexões, registros, válvulas, acessórios, reservatórios, bombas, tanques, equipamentos de controle e medição, etc.). Tais peculiaridades podem dar origem a uma enorme diversidade de manifestações patológicas nas edificações. Estas vão desde falhas freqüentes em certos equipamentos até intrincadas variações de grandezas hidráulicas, térmicas e pneumáticas associadas ao uso dos aparelhos sanitários. Além disto, a partir do início de sua ocupação ou utilização, uma edificação fica sujeita ao processo natural e progressivo de obsolescência em seus sistemas prediais hidráulicos e sanitários originais. Isto é causado por múltiplos fatores, entre os quais constam manutenção deficiente ou irregular, falhas nos componentes, processos de desgaste ou envelhecimento natural dos materiais utilizados e condições de exposição inadequadas. Cita-se, como exemplo, uma pesquisa sistematizada, conduzida por Bernardes *et al.* (1998), sobre a qualidade e o custo das não conformidades em 52 edifícios residenciais construídos entre 1985 e 1990 dentro do Estado de São Paulo, por oito diferentes construtoras. Esta pesquisa apontou que 26,3% dos defeitos construtivos constatados estavam diretamente associados a vazamentos, entupimentos, falhas de manutenção e defeitos em componentes dos SPS.

Dados apresentados pelo IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (SOUSA, 1991) revelaram 22,3% de participação de falhas dos SPS na incidência da manutenção predial, textualmente apontando estes subsistemas do edifício como uma das suas maiores fontes de problemas.

Ao longo da vida útil da edificação, portanto, os seus usuários se sujeitam, com maior ou menor freqüência, às conseqüências das patologias que nelas surgem, destacadamente aquelas relacionadas aos SPS. Em menor escala, os próprios usuários constituem fonte dessas patologias, seja por desinformação, seja por uso inadequado dos aparelhos sanitários que constituem o seu ponto de contato mais freqüente com tais sistemas do edifício. Um exemplo disso está no inadequado fechamento de torneiras com acionamento do tipo “um quarto de volta”. Em locais dos sistemas prediais de água fria e quente submetidos a pressões expressivas, o fechamento brusco dessas torneiras dá origem a um indesejável transiente hidráulico a cada acionamento, conhecido como “golpe de aríete”.

Ele é caracterizado pela ocorrência de sucessivas, céleres e intensas ondas alternadas de sobrepressões e depressões (Figura 1.4), decorrentes da imediata conversão da energia cinética do escoamento em energia de pressão, e que percorrem toda a rede de tubulações até se atenuarem, causando ruídos característicos que lembram pancadas.

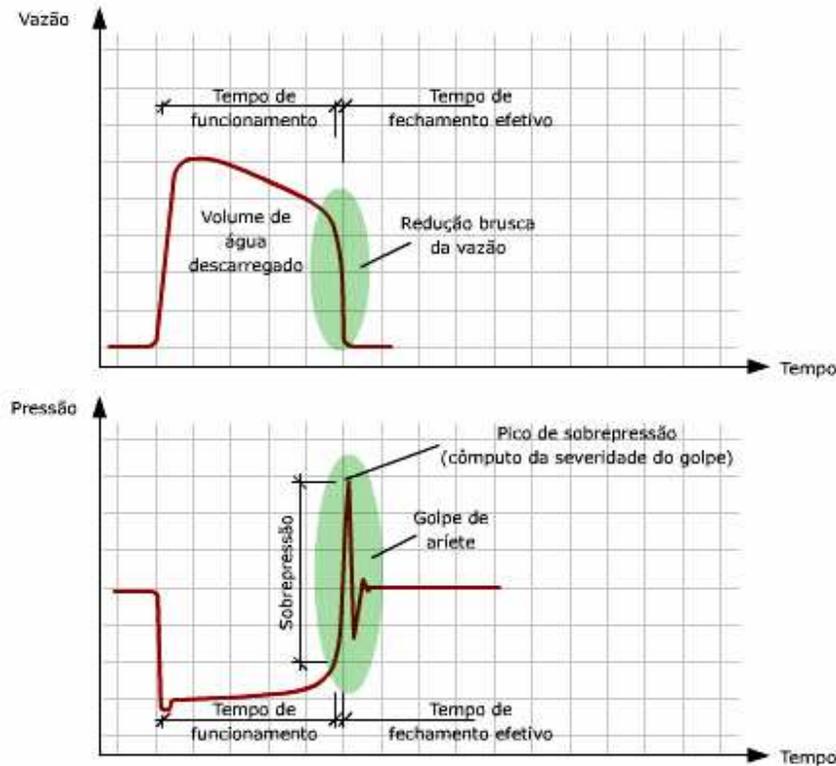


Figura 1.4 – Interrupção brusca do escoamento (sup.) e ocorrência de transiente de pressão (inf.)  
(Fonte: ALTOQI, [2005])

Além do ruído incômodo, os golpes de aríete acabam por afetar negativamente componentes das redes de tubulações mencionadas, provocar o aparecimento de fissuras em tubos e conexões plásticos, suscetíveis à fadiga mecânica, danificar mecanismos de válvulas de descarga causando vazamentos imperceptíveis, etc. (LATERZA, 1997).

Em geral, patologias frequentes nos SPHS do edifício não envolvem sérios riscos à vida ou à saúde dos seus usuários. Porém, elas costumam causar transtornos, aborrecimentos e desconfortos, em geral associados aos sintomas comuns de suas manifestações. São exemplos vazamentos, ruídos ou obstruções frequentes em tubulações, mau cheiro e refluxos em sistemas prediais de esgoto sanitário e de águas pluviais, insuficiência de pressões e vazões nos aparelhos sanitários, oscilações na temperatura de utilização de água quente, entre outros.

Conforme mais adiante abordado, poucas são as manifestações patológicas decorrentes do uso em termos relativos. A maior parte decorre de causas sistêmicas e de falhas de manutenção.

Evidentemente, a ocorrência de manifestações patológicas em SPHS conflita com um pressuposto fundamental do edifício: o atendimento às necessidades dos usuários, a exemplo das elencadas pela ISO 6241 (ISO, 1984) e NBR 15575-1:2008 (ABNT, 2008a). Entre elas se destacam a segurança no uso e operação, estanqueidade, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade, durabilidade e manutenibilidade.

Mais do que simplesmente atender a necessidades de usuários, os SPHS, como parte integrante do edifício, numa acepção mais ampla, devem promover a sua satisfação, inclusive sob o ponto de vista do valor. Neste sentido, Abraham Maslow desenvolveu uma teoria de hierarquia de necessidades, posteriormente ampliadas por Michael Benedikt (GRANJA *et al.*, 2009).

Em Miron (2002), valor, tomado no sentido de valor de uso, é entendido como o conjunto de características físicas dos bens que os capacitam a ser usados pelo homem, ou seja, a satisfazer necessidades de qualquer ordem, materiais ou ideais. O valor percebido pelo usuário de um dado bem pode ser entendido como a relação entre os benefícios percebidos em um produto ou serviço e os sacrifícios empreendidos para a sua aquisição e uso. Portanto, o valor real de um produto, processo ou sistema expressa o seu grau de aceitação pelo usuário. Esta pesquisadora entende que os benefícios percebidos pelo usuário podem envolver o desempenho do produto ou serviço na medida em que este facilite o atendimento das metas e propósitos em situações de uso.

Para Brito (2009), os conceitos de valor e de satisfação dos usuários estão intimamente relacionados, uma vez que ambos descrevem o julgamento avaliativo de um bem ou serviço, tal como os SPHS num edifício, em uma determinada situação de uso ou experiência de uso. O conceito de valor está relacionado com o atendimento às expectativas e necessidades do usuário traduzíveis em termos de requisitos; já a satisfação do usuário está associada à sua avaliação pós-uso de que uma alternativa atende ou excede às suas expectativas.

Miron (2002) destaca que, no contexto da construção civil, o processo de geração do valor envolve conhecer os requisitos dos usuários, criar soluções para conformar esses

requisitos e garantir que eles sejam atendidos da melhor maneira possível. Em síntese, o conceito de valor está relacionado à satisfação do usuário a partir do atendimento de seus requisitos para um determinado bem, produto ou serviço. Com efeito, tais necessidades não são satisfeitas quando ocorrem anomalias nos SPHS do edifício.

Por outro lado, as manifestações patológicas que mais preocupam, apesar de menos freqüentes, são aquelas que decorrem direta ou indiretamente do sistema predial de distribuição de gás combustível em razão dos riscos implícitos. Sobressaem-se o acúmulo de gás combustível em locais confinados, em caso de eventual vazamento, com risco de ignição e incêndio, o aumento da concentração de produtos tóxicos de sua combustão e a redução da concentração de oxigênio em ambientes fechados ou insuficientemente ventilados. Há ainda riscos relacionados à proliferação de micro-organismos potencialmente patogênicos dentro dos próprios componentes dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários, destacadamente os causadores de legioneloses e da síndrome respiratória severa aguda (conhecida como SARS).

Contudo, por razões diversas, as patologias de SPHS têm sido pouco estudadas de forma sistematizada (AMORIM, DIAS JÚNIOR E SOUZA, 2004), inclusive pela falta de um método adequado à sua investigação que conduza a soluções eficazes na supressão dos problemas. Um reflexo disso é a pequena disponibilidade no país de material bibliográfico específico e atualizado, em particular na forma de artigos técnicos, teses e dissertações voltadas ao assunto. Estes, apenas em anos mais recentes, vêm sendo elaborados, embora de forma ainda acanhada face à relevância da temática em foco. Também têm se mostrado muito limitados os meios de divulgação de tais patologias e a disseminação das correspondentes ações corretivas e medidas preventivas. Isto é particularmente válido na retroalimentação aos diversos intervenientes do processo de produção das edificações, a saber: o projeto, a execução, os materiais e componentes e os usuários.

Importa ressaltar que, no âmbito da Tecnologia do Ambiente Construído, os sistemas prediais hidráulicos e sanitários vêm comparecendo com freqüência cada vez maior em resultados de levantamentos de manifestações patológicas.

A pesquisa anteriormente citada, conduzida por Bernardes *et al.* (1998) sobre qualidade e custo de não conformidades de edifícios residenciais no Estado de São Paulo, revelou os SPHS como a maior fonte de defeitos e falhas (39,5% do total).

Em segundo lugar, com 17,5%, compareceram falhas em paredes. Os demais itens investigados responderam individualmente por índices de anomalias construtivas inferiores a 9%. Além disso, nesta mesma pesquisa, a combinação da frequência de incidência das diversas anomalias verificadas nesses edifícios com os correspondentes custos de reabilitação ou reparação também se mostrou relativamente a mais expressiva para os SPHS, com escore 69% maior do que o item subsequente “falhas nas paredes”.

Também resultados de levantamentos recentes de problemas a partir de Avaliações Pós-Ocupação (APO) têm indicado pontualmente a ocorrência de reclamações dos usuários relacionadas aos SPHS.

A realização de um levantamento de defeitos construtivos no Rio de Janeiro em 1997, conduzido por Athanzio e Trajano (1998), mediante aplicação de questionários a moradores, síndicos e zeladores de diferentes edifícios residenciais, totalizando uma amostra com 36 entrevistas, revelou os SPHS como os maiores responsáveis, com frequência acima de 34%, seguida de defeitos em paredes com 29% de incidência. Para tanto, este levantamento atribuiu os seguintes pesos aos defeitos pesquisados: 10 para defeitos constantes, 6 para muito frequentes, 3 para eventuais e 1 para ocorrências raras.

Em relação ao grau de importância atribuído pelos entrevistados aos defeitos, os dos SPHS também foram apontados como os mais expressivos, com cerca de 50%, contra 19% no item relativo a paredes. Neste caso, os pesos empregados para avaliação da importância foram: 10 quando julgada essencial, 6 quando importante, 3 para pouco importante e 1 se desprezível.

Pesquisa semelhante, realizada por Jobim (2003) em 34 edifícios de 4 empresas construtoras distintas, localizados em vários estados do país, revelou falhas de funcionamento nos SPHS que levaram a graus de insatisfação médios de 20%, com casos extremos de 56%, 57% e 67%.

Outra pesquisa de APO, mediante aplicação de 273 questionários num universo de 13 condomínios residenciais de classes sociais baixa, média e alta, totalizando 938 apartamentos, foi conduzida por Mourão, Barros Neto e Santos (2004) no Ceará, cruzando o nível de satisfação dos usuários com o nível de importância por eles atribuído a cada quesito.

Os resultados, apresentados em forma matricial, apontaram expressiva pontuação para o item “instalações hidráulicas”, particularmente entre as classes A e B, com valores que ultrapassaram o limite do terceiro desvio padrão na distribuição de frequências das avaliações.

Um outro levantamento deste mesmo gênero, realizado por Richter *et al.* (2007) entre outubro de 2005 e outubro de 2006 em quatro empreendimentos habitacionais localizados no Estado do Rio Grande do Sul, apresentou um índice de percepção dos usuários de deficiências nas instalações (entre as quais os SPHS) de apenas 5% a 10%, enquanto as reclamações destes alcançaram 28% para este quesito, ficando somente abaixo do item “umidade”, com 34%. Resultados semelhantes foram obtidos em APO conduzidas por Lopes (1993) e Medeiros (2004), respectivamente em agências bancárias e em imóveis com financiamento bancário, ambas também no Estado do Rio Grande do Sul.

Dada a profusão de iniciativas para obtenção de dados como os aqui mencionados, cabe ressaltar a importância em se organizar os dados patológicos obtidos, muito mais do que realizar novos e recorrentes levantamentos, considerando que apenas o acúmulo de dados estatísticos por si só muito pouco tem contribuído para a sua prevenção.

A esse respeito ressalva-se que levantamentos de APO muitas vezes contemplam notificações de problemas e defeitos erroneamente atribuídos aos SPHS por parte dos seus usuários. Como exemplo, gotejamentos verificados em tetos de banheiros, além de decorrer de possíveis vazamentos em juntas de tubulações, podem também advir de condensação de umidade indevidamente presente no interior dos respectivos forros falsos, conforme ilustra a Figura 1.5.



Figura 1.5 – Mancha de umidade em teto de banheiro causada por condensação de umidade na tubulação de água fria, erroneamente atribuída a vazamento

Nesta figura as fotos mostram o interior de um forro falso no teto de um salão de festas abrigando um desvio de coluna de distribuição de água fria de PVC marrom proveniente do barrilete do reservatório elevado de um edifício verticalizado, correndo indevidamente dentro de duto de ventilação de banheiros dotados de chuveiros. Neste caso, a vedação insuficiente, com argamassa permeável, da região periférica da coluna na travessia da laje de fundo desse duto, permitia a ocorrência de infiltrações decorrentes da condensação de umidade. Isto em razão do tubo atravessar o local de natural acúmulo da umidade condensada nas paredes do duto de ventilação, dado que essa laje se encontrava desprovida de ralo e o duto não era dotado de meios de ventilação em sua base.

Gotejamentos semelhantes também podem provir de lenta percolação de água na camada de argamassa de regularização entre a laje de teto e a respectiva manta impermeabilizante, por exemplo, originárias de infiltrações através de rejuntas de azulejos do box de chuveiro do pavimento superior em edifícios verticalizados (Apêndice A.1).

Outra origem possível de notificação de falso vazamento em tubulações de SPHS em APO é a infiltração de água de lavagem de piso ou proveniente do box do chuveiro através do interstício entre a caixa sifonada e a argamassa de vedação periférica. Isto pode ocorrer por falha de vedação do rejunte do respectivo porta-grelha onde houver irregularidade na aplicação de manta ou película impermeabilizante (Apêndice A.1 - Figura A.1). Esta situação é ilustrada na Figura 1.6.

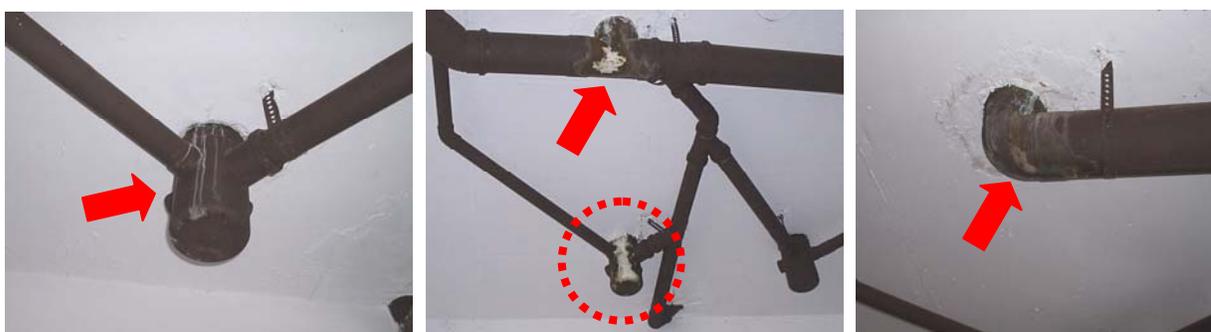


Figura 1.6 – Gotejamentos oriundos de infiltrações de água pela interface entre caixa sifonada e saída de bacia sanitária e a argamassa permeável de vedação periférica

Os escorrimentos esbranquiçados nas fotos denunciam a presença de sais solúveis na água gotejada, principalmente carbonatos de cálcio e de magnésio, lixiviados da argamassa de vedação por onde permeou.

Tais gotejamentos, falsamente atribuídos por leigos aos SPHS, ainda podem provir de infiltrações de água de origem pluvial por rejuntas de pastilhas ou cerâmicas de fachada em parede externa de banheiro de edificação, como indicado esquematicamente nas figuras A.2 e A.3 do Apêndice A.2.

A água proveniente de lavagem de piso não impermeabilizado também pode infiltrar-se e permear lentamente na argamassa de vedação ao longo da superfície externa de prumadas de SPHS embutidas em alvenaria, conforme ilustrado no Apêndice A.3. Esta situação igualmente aparenta ao usuário leigo um vazamento proveniente de tubulações e como tal apontado em questionário de APO.

Entretanto, tais levantamentos não devem ser sumariamente desconsiderados, uma vez que, apesar de não integralmente representativos para efeito de caracterização de patologias nos respectivos SPHS, no geral constituem um bom mapeamento desses problemas. Ornstein e Roméro (1992) vão além, atestando que a APO é um dos meios de gestão da qualidade do ambiente construído, em que a identificação de patologias pela ótica dos usuários é apenas um dos seus recursos.

Kowaltowski *et al.* (2006a) recomendam que as avaliações pós-ocupação devem integrar as metodologias de projeto, uma vez que colaboram com as fases de síntese e correção de falhas de projeto. Também ressaltam a importância da avaliação, não só comportamental, mas também física, pelo próprio usuário da edificação no levantamento da complexidade do uso e da satisfação do ambiente construído.

Estes autores ponderam que a maioria dos trabalhos de APO no país ainda aplicam o questionário e as observações pessoais do pesquisador como meios de coleta de dados, havendo resistência em se utilizar um universo mais amplo de metodologias disponíveis. Desta forma, os métodos de APO devem considerar não só avaliações comportamentais, que refletem a percepção do usuário, mas também avaliações físicas comparativas. Nestas, se vale de instrumentação técnica de medição, ensaios de componentes e protótipos em laboratório, observações técnicas gerais e, quando necessário, cálculos e simulações, além de aferição de consumo energético. Para os autores, técnicas que empregam medições com equipamentos e aplicam métodos com rigor estatístico conduzem a resultados mais consistentes para aplicações nos projetos.

Em suma, tem sido elevada a incidência de manifestações patológicas nos SPHS das edificações por múltiplas razões. Entre elas cita-se a grande diversidade característica de materiais e componentes, recentes avanços no setor ainda não suficientemente assimilados pelo meio técnico, grande complexidade funcional, eventuais riscos implícitos à saúde e à vida dos usuários, manutenção deficiente ou irregular, falhas nos componentes, processos de desgaste e envelhecimento natural dos materiais utilizados e condições de exposição inapropriadas. Neste contexto, enfatiza-se a importância do estudo sistematizado das patologias que mais frequentemente acometem os SPHS dos edifícios e a necessidade do desenvolvimento de um método adequado para tanto.

Nas últimas duas décadas, entre os profissionais dedicados à investigação e solução de patologias nos SPHS no país, tem sido muito empregado o método proposto por Lichtenstein (1985), detalhado em 3.2. Todavia, este método foi elaborado como um processo genérico de identificação e correção de patologias construtivas em geral nas edificações e não um método específico para os sistemas prediais em consideração. A aplicação deste método aos SPHS de edifícios de Curitiba – PR em anos recentes revelou haver nele omissões e lacunas que, devidamente supridas, resultaram numa melhoria do processo investigativo como um todo, propiciando a recuperação dos níveis adequados de desempenho e da qualidade das edificações afetadas. A complementação e adequação desse método para a investigação e solução de patologias em SPHS também pode contribuir para a redução ou eliminação das causas anteriores dessas patologias em futuras obras com características semelhantes.

Por outro lado, a aplicação de uma das metodologias de uso corrente a uma dada edificação apresentando certa diversidade de manifestações patológicas em seus SPHS resulta também em certa diversidade de proposições de ações preventivas e corretivas. Tais intervenções envolvem diferentes níveis de risco, prejuízos econômicos, desconforto e dificuldades na manutenção e/ou operação desses sistemas. Além do mais, cada uma dessas ações está relacionada a um dado custo de implementação correspondente, grau de dificuldade executiva e nível de transtorno aos respectivos usuários. Disto decorre a necessidade da proposição de um procedimento que permita a subsequente priorização das intervenções corretivas e das medidas preventivas. Para cada uma delas, o processo deve considerar tanto os riscos envolvidos como os custos de implantação associados e ainda os incômodos a serem causados aos ocupantes da edificação, além de eventuais

precedências durante a execução das intervenções. Para esta finalidade, os modelos de auxílio à tomada de decisão, com análise multicritério, encontram uma interessante aplicação, valendo-se de métodos hierárquicos, como o método da programação de compromisso (ALVES, 2003) e o método ELECTRE III (ROY, 1991; 1996). Em consequência, este processo deve integrar o desenvolvimento de um método adequado ao tratamento de patologias em SPHS, razão pela qual é doravante designado método hierarquizado.

## **1.2 Questão e objetivos da pesquisa**

Este trabalho propõe diretrizes para a formulação de método sistematizado para o levantamento de patologias manifestas e potenciais em sistemas prediais hidráulicos e sanitários, para o estabelecimento de suas causas e conseqüências e indicação das respectivas intervenções corretivas e preventivas. Como estas resultam com naturezas bastante diversas, com diferentes implicações aos usuários e correspondentes ônus de execução, propõe-se a sua priorização mediante a aplicação de processos hierárquicos.

A hipótese levantada é de que a aplicação de diretrizes de um método hierarquizado para a investigação e solução de patologias em SPHS, como adequação e evolução de métodos genéricos aplicáveis a patologias construtivas em geral, pode levar a uma melhoria na correção de problemas neles existentes e à prevenção de potenciais problemas. Além disto, um método hierarquizado poderá contribuir para a melhoria da qualidade do projeto e da execução desses sistemas do edifício. A confirmação desta tese remete à seguinte questão de pesquisa: “Como avaliar as patologias dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários e priorizar as conseqüentes ações de recuperação ou prevenção dentro de um plano de intervenção?”

O presente trabalho tem por objetivo geral demonstrar a validade da hipótese formulada mediante a aplicação de diretrizes propostas para um método hierarquizado em estudos de casos múltiplos realizados no município de Curitiba – PR. Além do estudo e aplicação do método proposto, este trabalho tem por objetivos secundários:

- a partir de uma visão sistêmica, com base no conceito de desempenho e de qualidade dos SPHS, conceituar e classificar patologias e não conformidades;

- apresentar as patologias e não conformidades mais freqüentes incidentes nas amostras consideradas, relativas aos diversos subsistemas dos respectivos SPHS e apontar as suas origens;
- apresentar e tecer análise crítica dos métodos genéricos de investigação e solução de patologias construtivas usualmente empregados nos problemas de SPHS;
- avaliar a viabilidade da aplicação de métodos hierárquicos para a priorização das ações corretivas e preventivas das patologias e não conformidades apontadas;
- oferecer uma classificação das intervenções corretivas e preventivas das patologias e não conformidades freqüentes em SPHS;
- sugerir meios de retroalimentação de informações a partir de investigações patológicas em SPHS visando a sua prevenção em novas edificações a construir e a melhoria da qualidade do projeto.

### **1.3 Delimitações da pesquisa**

A pesquisa realizada, pela própria natureza, na forma de estudos de casos múltiplos, apresenta as delimitações inerentes a esta categoria. Para o levantamento da origem e causas das manifestações patológicas mais freqüentes em SPHS de edificações e de suas conseqüências, considerou-se o estudo de 25 edificações localizadas no município de Curitiba-PR. Portanto, os resultados obtidos, principalmente no tocante às incidências de problemas encontrados, não podem, a rigor, ser extrapolados para outras edificações.

### **1.4 Resumo do método de pesquisa**

Neste trabalho adotou-se estudos de casos múltiplos como estratégia de pesquisa. Nesta categoria, uma pesquisa de campo é replicada em diferentes situações ou unidades-caso para a elaboração de diretrizes para a formulação de um método hierarquizado de investigação e solução de problemas em SPHS.

A primeira etapa consistiu em pesquisa bibliográfica sobre métodos genéricos disponíveis e de emprego corrente para a avaliação de patologias construtivas. A partir disso, selecionou-se o método de Lichtenstein (1985), na falta de um método específico para os SPHS.

A seguir, foram realizados estudos exploratórios em dois edifícios residenciais do município de Curitiba – PR, resultando na descoberta de lacunas e omissões, vistas como oportunidades de melhoria para o emprego voltado aos SPHS.

Em fase posterior, a sucessiva aplicação das diretrizes para um método adequado a SPHS em outros 25 edifícios deste mesmo município permitiu o seu gradativo aperfeiçoamento, com posterior inclusão de um processo de hierarquização das recomendações de intervenções corretivas e de medidas preventivas.

## **1.5 Estrutura do trabalho**

Esta dissertação de mestrado está estruturada em seis capítulos. O capítulo 1 traz uma introdução à problemática relacionada às patologias em sistemas prediais hidráulicos e sanitários. Nela há uma justificativa da necessidade de adequação das metodologias usuais de investigação de patologias construtivas em geral para estes sistemas do edifício. Estão destacadas a hipótese implícita e a correspondente questão de pesquisa, assim como os objetivos da pesquisa. Também estão consideradas as delimitações do trabalho em razão da categoria de pesquisa adotada (estudos de casos múltiplos).

O capítulo 2 traz uma revisão bibliográfica relativa à temática do trabalho, conceituando e classificando as patologias em SPHS. Para tanto, é antes necessário apresentá-los sob uma visão sistêmica, lastreada nos conceitos de desempenho e qualidade, assim como conceituar requisitos de desempenho. Nele é feita uma distinção formal entre anomalias e não conformidades em SPHS, com base em legislação aplicável (leis, regulamentos e normas técnicas).

Sob a ótica do que se convencionou designar Engenharia Diagnóstica e correspondentes níveis de abordagem de problemas construtivos, o capítulo 3 apresenta os métodos de investigação patológica propostos por Lichtenstein (1985), pelo CIB (1993) e por Almeida (1994), assim como exemplifica empregos correntes destes métodos em perícias extrajudiciais e judiciais sob a ótica da Engenharia Legal (PONTES FILHO, 2002).

O capítulo 4 trata do método de pesquisa adotado, com a abordagem metodológica empregada, o processo e etapas da pesquisa, meios de coleta e análise dos dados e subsequente descrição dos estudos de caso realizados.

O capítulo 5 traz os resultados e análises dos estudos de casos múltiplos que serviram de base para a elaboração das diretrizes para a formulação de um método hierarquizado de investigação e supressão de patologias de SPHS a partir de contribuições resultantes da comparação de métodos genéricos com o MASP-PDCA.

Finalmente, o capítulo 6 traz as conclusões e faz recomendações para a continuidade e aprofundamento da temática desta dissertação de mestrado em outros trabalhos acadêmicos.

Os capítulos assim dispostos são seguidos por sete apêndices e um anexo. Tendo em vista que as diretrizes propostas para um método adequado ao estudo de patologias em SPHS contemplam uma priorização de intervenções corretivas e medidas preventivas, um panorama dos sistemas de apoio à decisão e métodos multicriteriais foi incluído no Apêndice G, com destaque para o método ELECTRE III, sugerido para a finalidade pretendida.

## **2 PATOLOGIAS EM SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS**

Este capítulo introduz uma revisão bibliográfica relativa à temática do trabalho, conceituando e classificando as patologias em SPHS. Para tanto, primeiro é necessário apresentá-los sob uma visão sistêmica, baseada nos conceitos de desempenho e qualidade, assim como definir requisito de desempenho. Segue-se então uma distinção formal entre anomalias e não conformidades em SPHS com base em legislação aplicável (leis, regulamentos e normas técnicas). São ainda abordados aspectos relativos a patologias com transmissão pelos SPHS associada a patologias.

### **2.1 Incidência e origem de patologias**

Há cerca de 20 anos, Amorim (1989) alertava que o mau funcionamento de vários subsistemas da construção civil, entre os quais os SPHS, era fato constatado cotidianamente pelos profissionais da área, mas a incidência e causas desses problemas patológicos eram pouco pesquisadas, por exigirem recursos vultosos e longos períodos de observação para resultarem dados consistentes. Para ele, instituições públicas e órgãos financiadores oficiais específicos deveriam fomentar pesquisas de caráter permanente sobre as patologias construtivas, ao passo que universidades e institutos de pesquisa promoveriam a produção e retroalimentação do conhecimento obtido.

Este autor (1997a) ressalta que, depois de colocada em uso uma edificação, os sistemas prediais hidráulicos e sanitários entram em equilíbrio com os seus usuários, sendo este um dos subsistemas do edifício que com eles mais se relaciona. Por esta razão, o seu mau funcionamento costuma lhes causar sérios problemas ao bem estar físico e psicológico. Esta é a etapa onde menos pesquisas acontecem, mas cujos dados são de fundamental utilidade para a melhoria da qualidade (AMORIM e FUGAZZA, 1997). Vale acrescentar que o bem estar psicológico dos usuários do edifício relativamente aos SPHS vai além do seu funcionamento satisfatório. Kowaltowski *et al* (2006b) remete ao desconforto dos moradores de apartamentos de habitações de interesse social (HIS) cujos banheiros foram entregues desprovidos de forros falsos, ostentando as respectivas tubulações sanitárias, situação ilustrada na Figura 2.1.



Figura 2.1 – Desconforto psicológico causado pela inexistência de forros falsos em banheiros de HIS  
(Fonte: Conjunto Habitacional Campo Limpo O – CDHU)

Para uma real dimensão da importância da temática relacionada a patologias construtivas em geral, o *International Council for Research and Innovation in Building and Construction* (CIB) abriga uma comissão específica para o assunto, a W086 – *Building Pathology*.

Grandiski (2007a) classifica as patologias construtivas, quanto à origem dos fenômenos, em endógenas e exógenas. Estas últimas são aquelas cujas causas têm origem fora do edifício, provocadas por fenômenos da natureza ou por fatores produzidos por terceiros. É o caso das patologias decorrentes da exposição a intempéries ou à radiação solar, por exemplo. As patologias endógenas são aquelas cujas causas têm origem em fatores inerentes à própria edificação, tais como falhas decorrentes de projeto, gerenciamento e execução, etc. Martins, Hernandez e Amorim (2003) exemplificam estas últimas quando decorrem de desobediências a normas técnicas, de inexistência ou precariedade de controle tecnológico ou ainda de utilização de mão-de-obra desqualificada. Também incluem como endógenas as falhas de utilização, a exemplo de mudanças de uso e de solicitações não previstas no projeto, além dos desgastes e deteriorações naturais impostos a partes do edifício decorrentes do esgotamento da sua vida útil.

A determinação das origens das patologias construtivas tem sido objeto de maior preocupação de pesquisadores de diversos países ao longo das quatro últimas décadas, com intenção de retroalimentação com informações consistentes, contribuindo tanto para a sua prevenção quanto para a melhoria da qualidade do ciclo da construção civil. Este ciclo, segundo Almeida (1994), genericamente engloba o planejamento, o projeto, a produção, distribuição e comercialização de materiais e componentes, a execução e finalmente o uso, operação e manutenção vinculados ao atendimento das necessidades funcionais, segundo ilustra a Figura 2.2.



Figura 2.2 – Ciclo da construção civil segundo o PBQP  
(Fonte: ALMEIDA, 1994)

Reygaerts *et al.* (1976) e Reygaerts (1978), com base em dados disponíveis no *Centre Scientifique et Technique de la Construction* (CSTC), realizaram um levantamento da incidência proporcional da origem de manifestações patológicas de 1200 problemas construtivos ocorridos na Bélgica no período 1974-1977. A principal origem dessas patologias estava relacionada com a baixa qualidade dos projetos, seguindo-se falhas de execução, problemas com materiais e componentes e, por fim, a utilização. A tais dados foram adicionados resultados de levantamentos semelhantes realizados aproximadamente à mesma época em alguns outros países europeus, apresentados na Figura 2.3.

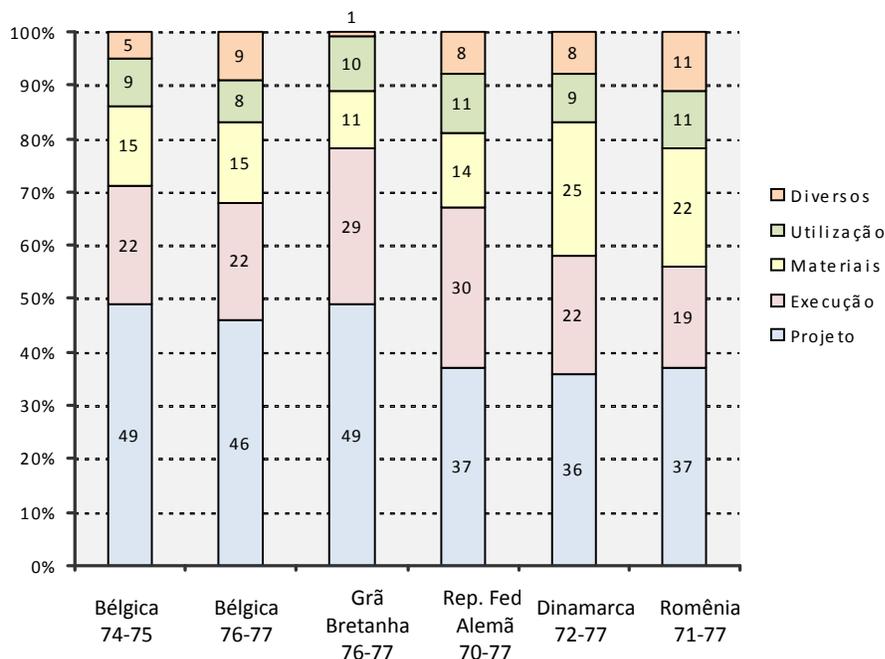


Figura 2.3 – Origem de patologias construtivas em diferentes países europeus nos anos 70  
(Fonte: REYGAERTS *et al.*, 1978)

O CIB (1993) também ofereceu dados de levantamentos semelhantes sobre a incidência da origem de manifestações patológicas em diferentes países. Eles igualmente apontaram os projetos como principal origem de problemas construtivos, seguindo-se erros de execução, problemas com materiais e os decorrentes de utilização (Figura 2.4).

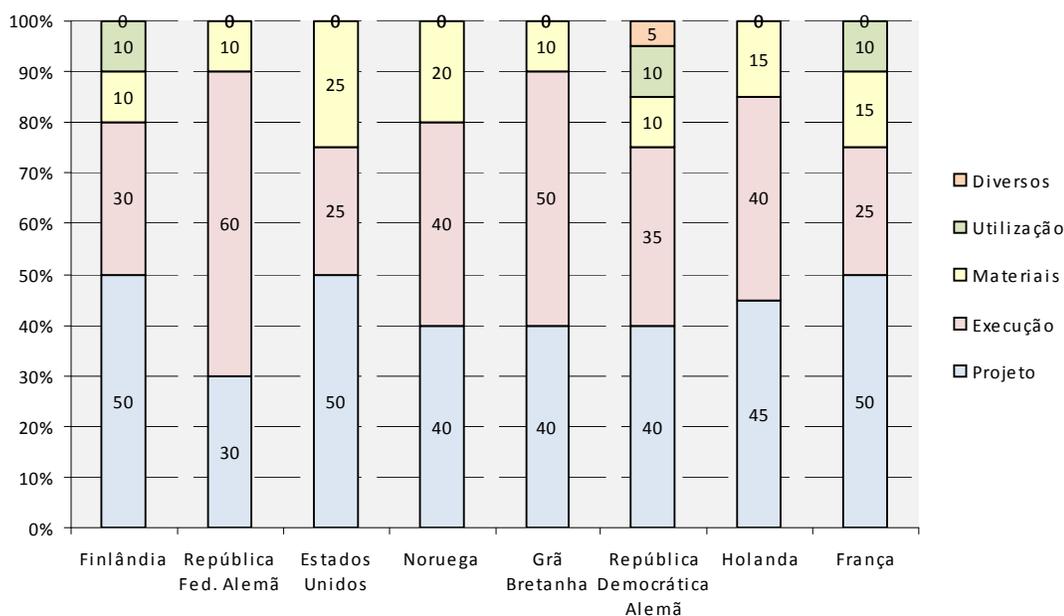


Figura 2.4 – Origem de patologias construtivas em diferentes países (Fonte: CIB,1993)

Apesar dos levantamentos apontados pelo CSTC e pelo CIB terem sido conduzidos por diversos agentes empregando metodologias diferentes, pode-se verificar uma boa correspondência nos resultados obtidos. Constata-se residirem em projetos deficientes as origens mais frequentes das patologias levantadas, dentro do campo amostral considerado, seguindo-se os problemas decorrentes de execução. Desde então, resultados semelhantes têm sido reportados por outros pesquisadores nos levantamentos disponíveis.

Tascornia (1998) se reporta a um levantamento feito na Espanha com a seguinte distribuição relativa de origens de defeitos construtivos: projeto com 41%, execução com 31%, materiais com 13%, uso com 11% e causas naturais imprevisíveis 4%. Thomaz (2000) cita dados da agência francesa QUALIFORM (“clube da qualidade” reunindo construtores, projetistas, fabricantes de materiais e companhias seguradoras), com base em levantamentos executados por companhias seguradoras francesas na década de 80. Eles apontam como fontes de patologias: falhas decorrentes de projetos com 42%, dos processos de construção com 24%, dos materiais com 17%, do uso indevido com 10% e outras causas com 7%.

No Brasil, Carmona Filho e Marega (1988)<sup>1</sup> *apud* Garcia e Liborio (1998) constataram 52% de incidência para falhas de execução, 18% para projeto, 14% utilização, 7% causas fortuitas, 6% materiais e 7% conservação.

Athanazio e Trajano (1998), em questionários aplicados a 36 moradores, síndicos e zeladores de diferentes edifícios residenciais no Rio de Janeiro, obtiveram 51% de incidência de falhas para a execução, 21% para o projeto, 14% para os materiais e 11% para a manutenção.

Os resultados dos levantamentos apresentados se referem a origens de patologias construtivas em geral. Porém, uma comparação com os resultados de levantamentos de incidência de patologias por natureza, mencionados em 1.1, em que um expressivo percentual delas se refere aos SPHS do edifício, permite concluir que, proporcionalmente, a maior parte das patologias neles verificadas decorrem de falhas no projetos e na execução. Seguem como origens com menor grau de importância os respectivos materiais e falhas no uso e manutenção.

São feitos a seguir comentários acerca de cada uma destas origens de patologias nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários.

#### **a) Origem de patologias em SPHS decorrentes do projeto**

De acordo com Amorim (1997), o projeto é responsável por cerca de 40% das patologias verificadas nas edificações e a alta incidência nos SPHS se deve ao elevado grau de interface durante todo o período de execução, desde as marcações de passagens de tubulações por elementos estruturais até a instalação final das louças e metais sanitários.

Com referência à fase de projeto dos SPHS, anomalias posteriores podem surgir por falhas de concepção sistêmica, erros de dimensionamento, ausência ou incorreções de especificações de materiais e serviços, insuficiência ou inexistência de detalhes construtivos, entre outras causas. A estes fatores deve-se ainda acrescentar a falta de mão de obra especializada.

---

<sup>1</sup> CARMONA FILHO, A.; MAREGA, A. Retrospectiva de la Patología en el Brasil: Estudio Estadístico. In: JORNADA ESPAÑOL E PORTUGUÉS SOBRE ESTRUCTURAS Y MATERIALES, 1988, Madrid. **Anais**. Madrid: CEDEX / ICcET, 1988, p. 99-124.

Martins, Hernandez e Amorim (2003) citam como fatores contribuintes falha de dimensionamento, falta de especificações, falha de comunicação entre os diferentes projetistas, falta de compatibilização com os diversos subsistemas da edificação e falta de detalhes, gerando interpretações dúbias durante a execução.

As patologias e não conformidades também podem decorrer de falhas no processo de produção do projeto. São exemplos as falhas de comunicação com projetistas de outros sistemas prediais (estrutural, elétrico, telefônico, ar condicionado, etc.) e a inexistência de coordenação ou compatibilização com os diversos outros subsistemas da edificação (vedações, circulação horizontal e vertical, etc.) (BRITO, 2009).

Amorim, Vidotti e Cass (1993) lembram que, muitas vezes, não é feito um planejamento na fase inicial do empreendimento, dando oportunidade ao desenvolvimento de projeto dos SPHS sem a devida compatibilização com outros subsistemas do edifício. Nestes casos, tal quadro se transfere para a fase de execução, onde uma coordenação de diferentes projetos, elaborados por diversos profissionais, acaba ocorrendo, na maior parte das vezes, de forma improvisada. A Figura 2.5 ilustra uma consequência desta situação, onde a evidente inexistência de compatibilização entre o projeto estrutural e o de SPHS ocasionou interferências físicas entre tubulações (prumadas) e vigas ao nível do teto do 1º subsolo de um edifício verticalizado.



Figura 2.5 – Interferências de tubulações com vigas por falta de prévia compatibilização entre projetos

Ambos os casos levaram a soluções inadequadas tomadas durante a montagem das tubulações, realizada sempre em fase posterior à execução da estrutura nas obras convencionais.

Uma das situações mostra a ocorrência de um desvio imprevisto na base de um tubo de queda, indesejável sob o ponto de vista funcional e causador de patologia funcional. A outra situação revela a travessia de topo de um condutor vertical de águas pluviais em viga, ocorrida depois de sua concretagem, durante a etapa de instalação da tubulação. Estes casos são reflexos da ausência de um processo ordenado e integrado de desenvolvimento dos projetos, fator que contribui para o aparecimento de patologias nos SPHS. Para evitar tais situações, Figueiredo (2009) conclama pela constituição de equipes multidisciplinares desde o início do processo de projeto, com clara definição dos meios para a coordenação eficaz das atividades e interações entre as áreas técnicas envolvidas.

Melhado (1994, 2001) ressalta a importância de uma maior integração entre as fases de projeto e produção. Ele passou a denominar “projeto simultâneo” (MELHADO, 2001; FABRÍCIO, 2002) à integração entre os trabalhos multidisciplinares e entre as fases de projeto e produção do edifício, tendo tomado de empréstimo do setor industrial o que lá se convencionou chamar engenharia simultânea (FABRÍCIO e MELHADO, 2002).

Em contrapartida, no processo convencional de desenvolvimento do projeto apenas os serviços arquitetônicos são contratados para a concepção inicial do empreendimento de construção civil; os demais profissionais intervenientes não participam desta etapa. A propósito, Figueiredo (2009) reputa este processo de segmentado, caracterizado por um grande isolamento entre as áreas técnicas envolvidas. Isto reduz expressivamente a possibilidade de se desenvolver um ambiente colaborativo entre os projetistas.

Vale salientar que, muitas vezes, o projeto arquitetônico, num processo convencional de desenvolvimento, não reserva espaço suficiente para os SPHS, fato que dificulta a sua execução, requerendo alterações em relação ao originalmente previsto no respectivo projeto, além de também dificultar a sua manutenção, fatores que podem levar ao posterior aparecimento de patologias.

A inexistência de prévio processo de coordenação futuramente acaba por se refletir na manutenção dos SPHS, ao se prescindir de um manual de orientação e de projetos conforme construído (*as built*) confiável, o que favorece o aparecimento de patologias. Sintetizando Amorim (1997), Martins, Hernandez e Amorim (2003) fazem as seguintes recomendações para reduzir a incidência de patologias em SPHS consequentes de falhas na etapa do projeto:

- prévia definição do nível de desempenho desejado dos SPHS a projetar;
- realização de reuniões periódicas de compatibilização dirigidas por um gerenciador experiente, com registro em ata das decisões, competências aos intervenientes, prazos, novas reuniões, etc.;
- padronização das soluções de projeto e meios de comunicação (internet, extranet, etc.) que propiciem a formalização dos documentos gerada para posterior consulta;
- contratação dos profissionais de projeto também para acompanhamento da fase de execução e para a elaboração dos desenhos conforme construído;
- notificação ao autor do projeto dos problemas ocorridos nas fases de execução e pós-ocupação, como forma de retroalimentação para correção de falhas (sistemáticas ou pontuais) e melhoria profissional, além do aperfeiçoamento de projetos subsequentes.

A estas recomendações deve ser acrescido o comissionamento dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários. Michael J. Holtz, num capítulo da obra editada por Preiser e Vischer (2005), descreve comissionamento como o processo formal que visa prover a comprovação documentada de que os sistemas do edifício (entre os quais os SPHS) funcionam de acordo com os critérios estabelecidos na documentação constituinte do projeto e atendem às necessidades dos usuários.

Figueiredo (2009) explica que o processo de comissionamento engloba as etapas do projeto, construção, aceitação e garantia. Para tanto, é recomendada a contratação de um profissional independente, o agente ou autoridade de comissionamento, que passa a integrar o processo desde a etapa pré-projeto. Sua tarefa inicial está na elaboração do documento de *requisitos do cliente*. Este deve ser desenvolvido com base no programa de necessidades e do relatório de uma primeira reunião da equipe multidisciplinar, na qual as necessidades programáticas e funcionais, os objetivos e as metas de desempenho são explorados e discutidos por todos os membros. Este documento inicial deve conter requisitos do cliente para o projeto e expectativas quanto ao desempenho esperado, além de explicitar idéias, conceitos e critérios de desempenho (PREISER; VISCHER, 2005).

Uma segunda atribuição desse profissional está em elaborar outro documento, designado *base consensual de projeto* em Preiser e Vischer (2005).

Ele registra os princípios que fundamentam e justificam as decisões de projeto, define a resposta coletiva da equipe de projeto para os requisitos e objetivos do cliente e estabelece os critérios de desempenho que orientarão os futuros procedimentos de comissionamento até a garantia final. Este segundo documento nada mais é que o anterior expresso de forma mais genérica, contendo uma descrição técnica das metas de desempenho e unidades de medidas, definidas para cada sistema do edifício. Juntamente com o programa de necessidades e os requisitos do cliente, este documento orientará as decisões de projeto e possibilitará verificar o atendimento às metas estabelecidas, atualizando-as segundo as necessidades, oportunidades e restrições ao longo do processo.

### **b) Origem de patologias em SPHS decorrentes da execução**

Durante o processo de execução podem ocorrer falhas como falta de domínio do processo construtivo, má utilização de componentes, comunicação inadequada decorrente de má interpretação ou desconsideração deliberada das informações, falha na seleção, capacitação e motivação de recursos humanos, falta de procedimentos sistematizados de controle do processo de execução, etc. (MARTINS, HERNANDEZ e AMORIM, 2003).

Os problemas constatados como decorrentes da fase de execução são relativos a inexistência ou erros de marcação das travessias de tubulações em elementos estruturais. Isto acaba por ocasionar retrabalhos e interferências com outros sistemas do edifício (Figura 2.5), ausência de planejamento e programação da sequência de execução, alteração de percurso e de diâmetros em relação ao previsto em projeto, improvisações por parte dos operários por deficiência de gestão ou de treinamento, emprego de mão de obra não especializada, etc.

Uma situação relativamente frequente de patologia originada pela execução é a seguir exemplificada: a segregação de ar no interior de colos altos de trechos de tubulações de desenvolvimento horizontal, operando como condutos forçados, com formato de sifão, e desprovidos de meios próprios para eliminação de ar (respiros, ventosas ou dispositivos automáticos eliminadores de ar), mostrada na Figura 2.6. Esta conformação inapropriada ocorre como solução de obra geralmente quando o traçado original da tubulação não pode ser obedecido devido à interferência física com algum obstáculo não previsto em projeto.

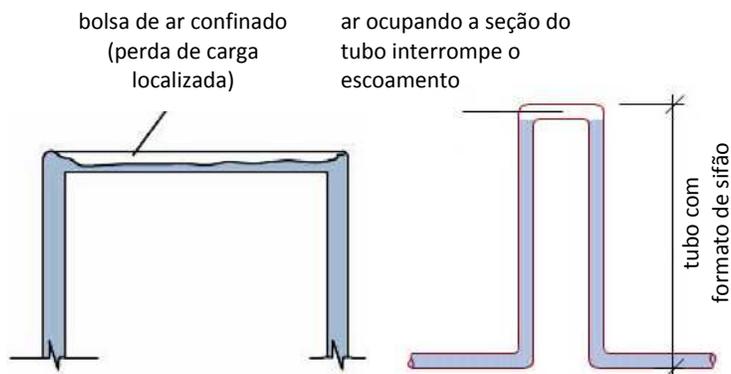


Figura 2.6 – Segregação de ar em colo alto de trecho de conduto forçado com formato de sifão

Como a água contém naturalmente uma concentração de ar dissolvido proporcional à pressão atuante, ela sofre perda de carga à medida que escoar, com conseqüente redução no valor da pressão dinâmica em trechos horizontais. Com isto, há diminuição da solubilidade do ar em água limpa, sendo o ar excedente expelido da massa líquida na forma de diminutas bolhas, que acabam arrastadas pelo escoamento.

No entanto, em escoamentos sob baixas velocidades, passando dentro de colos altos de tubulações com formato de sifão, ocorre segregação dessas bolhas, havendo formação de uma bolsa de ar nessa região. O ar assim confinado, submetido ao mesmo valor de pressão da água, passa a ocupar permanentemente a porção superior da seção interna do colo alto do trecho da tubulação com forma de sifão. Conseqüentemente, há proporcional redução na área destinada à passagem da água, situação equivalente ao escoamento ser repentinamente forçado a fluir por uma redução de seção ou, por analogia, a fluir por um tubo equivalente de menor diâmetro. Este fenômeno é responsável por submeter o escoamento a uma perda de carga localizada evidentemente não prevista no dimensionamento. A conseqüência, na forma de manifestação patológica característica, é gradual redução da vazão do escoamento.

Em casos críticos, o ar segregado pode mesmo passar a ocupar a totalidade da seção do trecho alto da conformação em sifão, interrompendo completamente o escoamento líquido. Esta situação também pode ocorrer quando, por qualquer motivo, houver interrupção no abastecimento e conseqüente entrada de ar dentro desse colo alto. Sempre que essa geometria se mostra necessária num sistema hidráulico predial operando como conduto forçado, é imperativo prever um tubo-respiro para o trecho em sifão, sempre que possível, ou então prever um equipamento adequado para a expulsão automática do ar.

Entretanto, tal solução não se mostra viável quando a segregação ocorre dentro das partes elevadas de ondulações a que lances de tubulações horizontais ficam sujeitos quando inadequadamente apoiadas sobre calços, em particular se excessivamente espaçados. Essas deformações são mais acentuadas em tubos cujo material tem menor módulo de elasticidade, a exemplo dos tubos plásticos, situação mostrada na Figura 2.7.

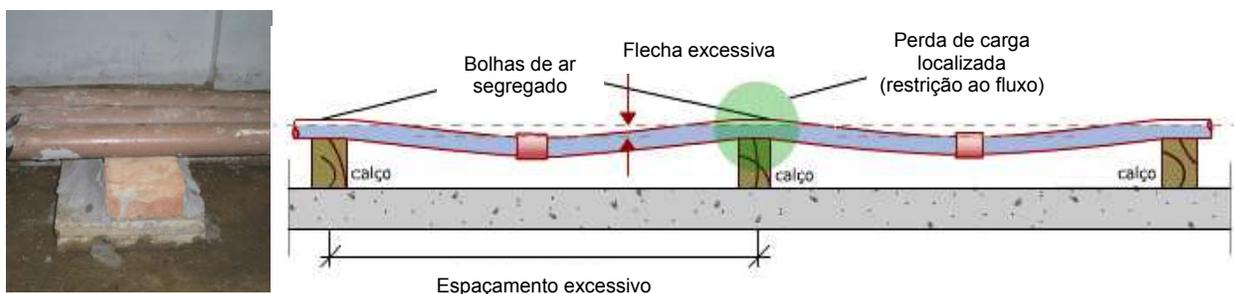


Figura 2.7 – Segregação de ar em ondulações de tubulações horizontais deformáveis apoiadas sobre calços

Martins, Hernandez e Amorim (2003) recomendam as seguintes ferramentas de gestão para prevenir patologias decorrentes da fase de execução dos SPHS, entre outras:

- atendimento a recomendações de fabricantes e do autor do projeto, neste caso geralmente presentes no respectivo memorial descritivo e especificações técnicas de serviços;
- registro de todas as eventuais alterações efetuadas durante a montagem dos SPHS e posterior encaminhamento para confecção dos desenhos conforme construído;
- adoção de pré-montagem de trechos de tubulações na forma de *kits* hidráulicos, pré-testados quanto à estanqueidade (Figuras 2.8 e 2.9).



Figura 2.8 – Pré-montagem de *kits* hidráulicos como prevenção a patologias decorrentes da execução (Fonte: TÉCHNE, 2008)

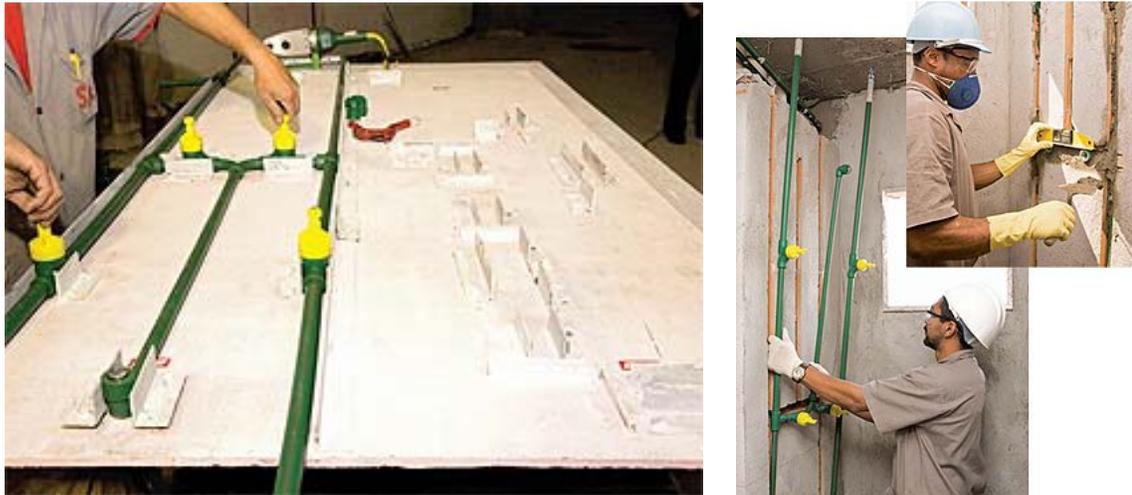


Figura 2.9 – Pré-montagem de *kits* hidráulicos como prevenção a patologias decorrentes da execução  
(Fonte: TÉCHNE, 2008)

### c) Origem de patologias em SPHS decorrentes dos materiais

Além de defeitos de fabricação, podem ocorrer manifestações patológicas em materiais, componentes e equipamentos em consequência de processos inadequados de aquisição, recebimento e armazenamento. São exemplos a inexistência de especificações adequadas no momento da compra, insuficiência de conhecimento técnico para a aquisição, transporte e armazenamento dos produtos de forma imprópria, etc.

Cabe comentar que situações como estas têm sido frequentes em obras públicas, regidas pela Lei 8.666 de 21/06/1993 (BRASIL, 1993), conhecida como Lei das Licitações Públicas. A cuja estrita aplicação desta lei restringe o poder público a contratar obras e serviços pelo critério de menor preço preponderantemente sobre outros critérios, como os de melhor técnica, menor prazo, etc. Nestes casos, frequentemente o licitado é contratado por um preço inferior ao custo real da execução da obra ou realização do serviço segundo a boa técnica. Ele então se vê premido a realizar múltiplas pequenas economias durante a execução para obter mínima margem de lucro, a começar na própria instalação do canteiro.

Neste contexto, um exemplo de patologia conseqüente de materiais de SPHS está no armazenamento inadequado de tubos plásticos, sob exposição solar direta por período prolongado de tempo, mostrado na Figura 2.10.



Figura 2.10 – Armazenamento inadequado de tubos plásticos no canteiro (exposição à radiação solar direta)  
(Fonte: Conjunto Habitacional Campo Limpo O – CDHU)

Nestas condições, a radiação ultravioleta atua sobre o estabilizante do polímero, promovendo a sua lenta desestabilização e conseqüente perda de brilho superficial característico. Este é propositalmente conferido pela adição de resina ao polímero para temporariamente refletir a radiação ultravioleta durante o transporte para a obra. Os tubos armazenados ao tempo passam gradualmente a apresentar aparência fosca e esbranquiçada, típica do processo de fragilização do material, com redução da vida útil e da capacidade de suporte a pressões hidráulicas. Quando posteriormente em serviço, submetidos a variações dinâmicas de pressão, tubos assim afetados ficam muito mais suscetíveis a vazamentos decorrentes do aparecimento de fissuras em suas paredes do que se adequadamente acondicionados, abrigados do tempo, armazenados sob condições de exposição adequadas.

É relevante considerar que grande parte de situações como a exemplificada ocorrem por desconhecimento, por parte do pessoal de obra, acerca das limitações inerentes aos materiais empregados na construção civil, em especial os empregados em SPHS.

Como recursos para prevenir o aparecimento de patologias em SPHS decorrentes dos materiais, Martins, Hernandez e Amorim (2003) fazem as seguintes recomendações:

- atendimento à risca das especificações técnicas de materiais integrantes da documentação do projeto;
- observação às prescrições das normas técnicas correlatas aos materiais, componentes e equipamentos a adquirir;

- aquisição somente de fornecedores idôneos, cuja avaliação deve ser previamente feita mediante critérios e notas de desempenho;
- acompanhamento do recebimento do material no empreendimento;
- armazenamento adequado do material até sua instalação.

Além destas recomendações, é importante disponibilizar manuais técnicos elucidativos aos funcionários envolvidos com aquisição, recebimento, armazenamento e transporte no canteiro de materiais, componentes e equipamentos dos SPHS.

#### **d) Origem de patologias em SPHS decorrentes do uso**

A utilização inadequada e falhas nas atividades de manutenção (ou mesmo a sua inexistência) constituem também fatores originários de patologias nos SPHS. Os exemplos são por demais diversificados.

Este é o caso típico, já mencionado, do uso inadequado de ducha higiênica acionada por gatilho, em que o usuário mantém os registros de pressão de água fria e água quente permanentemente abertos, pré-regulados para uma mistura com temperatura confortável para o uso, e passa somente a operar a ducha por meio do respectivo gatilho. Como visto, esta situação permite que a água quente adentre a rede de distribuição de água fria e vice-versa sempre que houver diferencial de pressão entre ambas, podendo causar sérias consequências para tubulações plásticas no primeiro caso e desconforto e desperdício energético no segundo (Figuras 1.2 e 1.3).

Neste aspecto, Martins, Hernandez e Amorim (2003) ressaltam a importância da elaboração e fornecimento, por parte do empreendedor, de um criterioso e minucioso manual de operação, uso e manutenção dos SPHS. Este manual foi tornado obrigatório pelo artigo 50 do Código de Defesa do Consumidor (BRASIL, 1990) em contratos onde há uma relação de consumo, típica na construção civil.

Conforme adiante justificado neste trabalho, esta mesma legislação (seção IV - artigo 39) obriga o atendimento às normas técnicas da ABNT. Neste caso, a norma técnica a observar é a NBR 14037:1998 “Manual de operação, uso e manutenção das edificações” (ABNT, 1998b).

## 2.2 Visão sistêmica e desempenho dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários

Os sistemas prediais hidráulicos e sanitários, enquanto integrantes do edifício, podem ser entendidos como um conjunto de elementos inter-relacionados que têm funções a realizar, não apenas de forma isolada, mas ainda de modo conjunto, parcial e global.

Numa edificação, um dado sistema frequentemente se encontra associado a outro ou a outros que desempenham juntos uma ou mais funções. No entender de Barros (2004), cada um desses sistemas precisa estar funcionando de maneira adequada, não apenas de forma isolada, como também conjunta com os demais, para um desempenho global satisfatório. Segue disto que um sistema possui determinadas propriedades ou comportamentos próprios que nenhuma de suas partes isoladamente consegue apresentar.

No âmbito da construção civil, entende-se por sistema a maior parte funcional do edifício, o conjunto de elementos e componentes destinados a cumprir uma função que o define (ABNT, 2008a).

Diversamente de algumas outras esferas do conhecimento tecnológico, os sistemas prediais hidráulicos e sanitários devem ser sempre tratados segundo um enfoque expansionista ou sintético; numa palavra, “sistêmico”, em contrapartida à tradicional visão analítica ou reducionista.

Na visão analítica, a abordagem de um problema complexo ocorre pela sua subdivisão em partes menores, constituindo cada uma delas um subproblema menor, a ser resolvido isoladamente. Com isto, o problema complexo fica resolvido, ou seja, a sua solução resulta da soma das soluções dos subproblemas parciais, de caráter mais simples, obtidos da sua decomposição inicial. Já na visão sistêmica, em contrapartida, os subsistemas são enfocados sem qualquer desmembramento funcional do sistema maior a que pertencem.

Para Wylly e Galowin (1975)<sup>2</sup> *apud* Barros (2004), o desempenho de um produto, dispositivo, sistema ou serviço pode ser descrito, mas será medido pelas exigências e necessidades dos seus usuários sem levar em consideração as combinações particulares das correspondentes características físicas e químicas, projetos ou métodos de criação.

---

<sup>2</sup> WYLY, R. S.; GALOWIN, L. S. An approach to performance evaluation for Water Supply and Drainage for Buildings. In: CIB COMMISSION W62 SYMPOSIUM ON DRAINAGE AND WATER SUPPLY FOR BUILDINGS, 1975. **Proceedings**. University of Glasgow, 1975.

Amorim (1989b) reinterpretou esta assertiva sob uma visão sistêmica, que bem a traduz, afirmando que o conceito fundamental da concepção sistêmica reside no princípio de que os produtos (projetos, sistemas, componentes, etc.) podem ser descritos e o seu desempenho medido sem que seja necessário pensar nas partes que os compõem.

A visão sistêmica sobre desempenho, no âmbito da engenharia, só passou a tomar corpo a partir dos anos 60, depois da proposição da aplicação do seu conceito de forma sistemática na construção civil pelo *International Council for Research and Innovation in Building and Construction* (CIB).

Dentro da visão sistêmica do ambiente construído, os SPHS tomados como um todo têm funções a realizar, ou seja, têm finalidades e objetivos a alcançar; numa palavra, a *desempenhar*. Portanto, o cumprimento de suas finalidades dentro do edifício é indissociável do conceito de desempenho, uma vez que se destinam a atender um conjunto de necessidades, exigências e expectativas de seus usuários.

A *International Organization for Standardization* (ISO) (1984) define desempenho simplesmente como o comportamento de um produto quando em uso. No caso da construção civil, Amorim (1989b) esclarece que este produto pode ser tanto o sistema “edifício”, os vários subsistemas que o compõem (estruturas, instalações, vedações, etc.) ou os próprios componentes que formam um determinado subsistema.

Aproveitando a aplicação deste conceito à construção civil, a norma de desempenho para edifícios de até cinco pavimentos, NBR 15575-1:2008 (ABNT, 2008a), define desempenho simplesmente como o comportamento em uso de um edifício e de seus sistemas. Em contrapartida a uma norma prescritiva, em que um conjunto de requisitos e critérios são estipulados para um produto ou serviço com base na consagração do uso ao longo do tempo, numa norma de desempenho eles são estabelecidos com base em necessidades, expectativas e exigências dos usuários, independentemente da sua forma ou dos materiais constituintes. Uma visão sobre estas necessidades é dada a seguir, sendo necessário associar aos subsistemas do edifício.

A Tabela 2.1 traz a classificação dos diversos subsistemas do edifício proposta pela *International Organization for Standardization* (1984) na norma ISO 6241, onde, em destaque, os sistemas prediais hidráulicos e sanitários integram o subsistema “serviços” do edifício.

Tabela 2.1 – Classificação dos subsistemas do edifício (Fonte: ISO, 1984)

SUBSISTEMAS DO EDIFÍCIO	
ESTRUTURA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• fundações</li> <li>• superestrutura: estrutura portante</li> </ul>
ENVOLTÓRIA EXTERNA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sob o nível do solo</li> <li>• sobre o nível do solo</li> </ul>
DIVISÕES DE ESPAÇOS EXTERNOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verticais: vedações verticais externas (fachadas)</li> <li>• horizontais: vedações horizontais externas (coberturas, pisos)</li> <li>• escadas e rampas de acesso externas</li> </ul>
DIVISÕES DE ESPAÇOS INTERNOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verticais: vedações verticais internas</li> <li>• horizontais: vedações horizontais internas (forros pisos internos)</li> <li>• escadas e rampas de acesso internas</li> </ul>
SERVIÇOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• suprimento e disposição de água: <b>sistemas hidráulicos e sanitários</b></li> <li>• controle térmico e ventilação: instalações de condicionamento de ar</li> <li>• suprimento de gás combustível: <b>sistema de distribuição de gás</b></li> <li>• suprimento de energia elétrica: instalações elétricas prediais</li> <li>• telecomunicações: instalações telefônicas, de dados, interfonia</li> <li>• transporte mecânico: instalações de elevadores e monta-cargas</li> <li>• transporte pneumático e gravitacional</li> <li>• segurança e proteção: pára-raios, contra intrusões, <b>contra incêndio</b></li> </ul>

A avaliação do desempenho de uma edificação, ou de partes dela, segue invariavelmente as seguintes etapas (BENEDICTO, 2009):

- identificação das *necessidades dos usuários* da edificação;
- identificação das *condições de exposição (desgastes)* a que estará sujeita;
- identificação dos *requisitos de desempenho* que ela deverá atender para satisfazer às necessidades dos usuários;
- aplicação de critérios e métodos de avaliação confiáveis para a *verificação do atendimento* a esses requisitos.

Visando estabelecer uma padronização internacional, as necessidades dos usuários das edificações foram agrupadas pela ISO 6241 em 14 grupos básicos, mostrados na Tabela 2.2:

Tabela 2.2 – Relação das necessidades dos usuários (Fonte: ISO 6241, 1984)

NECESSIDADES DOS USUÁRIOS		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• estabilidade</li> <li>• segurança ao fogo</li> <li>• segurança em uso</li> <li>• estanqueidade</li> <li>• conforto higrotérmico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pureza do ar</li> <li>• conforto acústico</li> <li>• conforto visual</li> <li>• conforto tátil</li> <li>• conforto antropodinâmico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• higiene</li> <li>• durabilidade</li> <li>• economia</li> <li>• adequabilidade de espaços para usos específicos</li> </ul>

Amorim (1989a) ainda destaca que a estas necessidades dos usuários soma-se o requisito “conservação da natureza”, considerando que a harmonia funcional de uma edificação resulta da inter-relação entre os seus vários subsistemas visando o adequado relacionamento do homem com o ambiente construído.

Santos e Beber (2006) constataram que, enquanto algumas dessas exigências, independente da classe social do usuário e da utilização do ambiente construído, possuem caráter absoluto (por exemplo, segurança ao fogo e higiene), outras são de caráter relativo (por exemplo, conforto). Ademais, a satisfação das exigências da coletividade pertencente ao ambiente em que se insere a edificação representa melhoria da qualidade de vida no ambiente construído como um todo.

No processo de comissionamento anteriormente mencionado, o agente ou autoridade de comissionamento, ao elaborar o documento inicial *requisito do cliente*, deve considerar tais necessidades, traduzindo-as na forma de requisitos do cliente para o projeto (PREISER; VISCHER, 2005). Para tanto, é necessário estabelecer critérios e fazer constar do programa de necessidades indicadores (*benchmarks*) para os SPHS, relacionados ao atendimento das expectativas quanto ao desempenho esperado, inclusive à sua eficiência.

Os principais fatores geradores de desgastes (agentes de degradação) nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários, causadores de patologias, estão reunidos na Tabela 2.3. Em relação às possíveis patologias que acometem os SPHS, decorrentes de desgastes, esses fatores podem ser ainda mais expandidos, incorporando contribuições, como a degradação por corrosão galvânica (influência do próprio sistema), corrosão interna de tubulação de aço pela alternância de água e ar confinado em trechos formando sifões (influência do próprio sistema), cuja discriminação transcende a proposta deste trabalho, de elencar diretrizes para um método hierarquizado.

Tabela 2.3 – Fatores geradores de desgastes (agentes de degradação) dos SPS (Fonte: AMORIM, 1989a)

FATORES ATUANTES		
sobre os SPS	por influência do próprio sistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• pressão interna</li> <li>• temperatura</li> <li>• umidade</li> <li>• características físico-químicas da água (pH, dureza, etc.)</li> <li>• abrasão</li> <li>• sólidos</li> </ul>
	por influência do usuário	<ul style="list-style-type: none"> <li>• esforços decorrentes do uso normal</li> <li>• esforços decorrentes do uso indevido</li> <li>• choques</li> <li>• sobrecarga durante o uso</li> <li>• desgastes decorrentes de manutenção</li> </ul>
	por influência de outros subsistemas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• deformações</li> <li>• umidade</li> <li>• agressividade dos materiais</li> </ul>
	por influência do meio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• temperatura</li> <li>• presença de elementos indesejáveis (partículas sólidas)</li> <li>• presença de animais</li> <li>• eletricidade estática</li> <li>• agressividade do solo</li> </ul>
sobre outros subsistemas por influência dos SPS		<ul style="list-style-type: none"> <li>• vibrações</li> <li>• sobrecarregamentos</li> <li>• propagação de incêndio</li> <li>• sobrecarga elétrica</li> <li>• agressividade do solo</li> </ul>
sobre o usuário/meio ambiente por influência dos SPS		<ul style="list-style-type: none"> <li>• emissão de fumaça/gases</li> <li>• sobreaquecimento</li> <li>• lesões</li> <li>• ignição/explosão</li> <li>• emissão de odores</li> <li>• ruído</li> <li>• umidade</li> <li>• doenças</li> <li>• irritabilidade por exigüidade de espaço e quantidade</li> <li>• desequilíbrio ecológico</li> <li>• características da superfície (rugosidade, aspereza, etc.)</li> </ul>

## 2.3 Requisitos de desempenho e patologias

A NBR 15575-1:2008 “Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais” (ABNT, 2008a; p.7) define requisitos de desempenhos como as “condições que expressam qualitativamente os atributos que o edifício e seus sistemas devem possuir, a fim de que possam satisfazer as exigências do usuário”.

Requisito de desempenho é, portanto, a formulação qualitativa das propriedades a serem alcançadas pelo edifício, ou por suas partes, de maneira a atender determinadas necessidades do usuário. Os requisitos de desempenho são relativos:

- a) ao uso propriamente dito da edificação;
- b) à resistência que esta deverá oferecer aos desgastes que sobre ela atuam;
- c) às conseqüências que ela produzirá sobre o meio ambiente.

A título de exemplo, são requisitos de desempenho dos sistemas prediais de água fria os seguintes princípios gerais expressos na norma NBR 5626:1998 “Instalação predial de água fria” (ABNT, 1998a), uma vez que elas devem ser projetadas e montadas de modo a atender aos mesmos durante toda a vida útil da edificação, ou seja, de modo a:

- garantir a potabilidade da água destinada ao consumo ou ao contato humano direto ou indireto, preservando a qualidade característica da fonte de abastecimento (princípio da garantia sanitária);
- garantir o fornecimento de água de forma contínua, em quantidade adequada e com pressões e velocidades compatíveis com o perfeito funcionamento dos aparelhos sanitários, peças de utilização e demais componentes, ou seja, garantir o seu adequado desempenho (princípio da garantia da qualidade da instalação);
- proporcionar conforto aos usuários, prevendo peças de utilização adequadamente localizadas, de fácil operação, com vazões satisfatórias, atendendo às exigências dos usuários sem incorrer em superdimensionamentos; evitar níveis de ruído, produzido ou transmitido pela própria instalação, inadequados à ocupação dos ambientes da edificação (princípio da satisfação do conforto dos usuários);
- possibilitar operação fácil e manutenção econômica, com máxima acessibilidade a todas as partes da instalação (princípio da facilidade de operação e manutenção);

- promover economia de água e de energia (princípio da conservação de recursos).

Ampliando este contexto, ressalta-se que a facilidade de manutenção dos SPHS, e conseqüente acessibilidade aos seus componentes, são essencialmente requisitos de desempenho desse subsistema do edifício.

Em síntese, os sistemas prediais hidráulicos e sanitários, como subsistema do ambiente construído, de um lado devem satisfazer às exigências dos seus usuários e, de outro, ficam submetidos a condições de exposição e de uso geradoras de desgastes que requerem manutenção de tempos em tempos, até o término de sua vida útil. Tal quadro possibilita a formulação de requisitos de desempenho (qualitativos), que podem ser traduzidos, em termos quali-quantitativos, em correspondentes critérios de desempenho, geralmente expressos em textos normativos, regulatórios ou legais, o que permite o estabelecimento de métodos e de critérios de avaliação, conforme sintetiza a Figura 2.11.

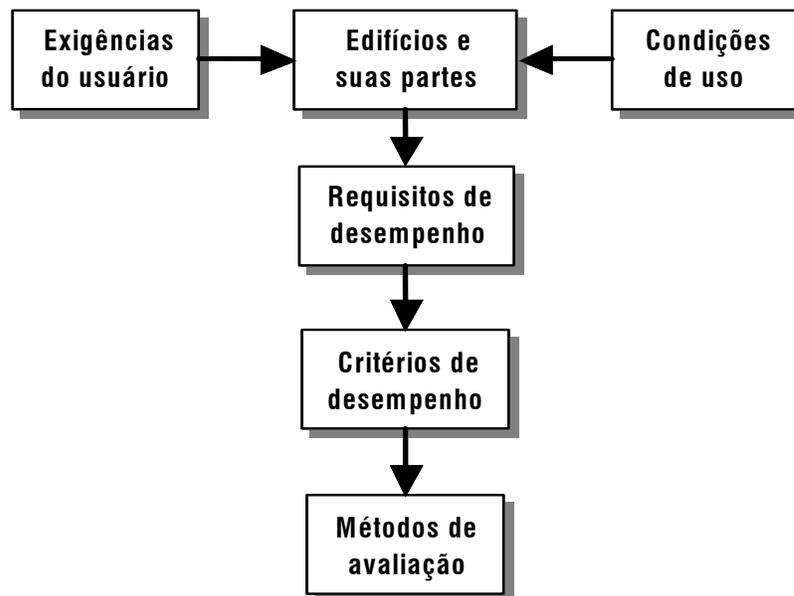


Figura 2.11 – Aplicação do conceito de desempenho ao edifício e seus subsistemas  
(Fonte: SANTOS e BEBER, 2007)

Com base na conceituação supra, pode-se dizer de forma bastante geral que incorre numa patologia (problema real) ou numa não conformidade (risco potencial) todo subsistema que não atende algum requisito de desempenho, em particular aqueles textualmente expressos em legislação específica, regulamentação ou normalização técnica.

Vale observar que uma patologia construtiva é entendida como um problema real com sintomas já manifestos, neste caso ditos manifestações patológicas, ou então como um problema em curso, ainda sem sintomas aparentes detectáveis por meio dos sentidos humanos, porém em inexorável processo de agravamento, por vezes muito lento. Já uma não conformidade é compreendida como um problema potencial, envolvendo uma possibilidade ou risco de ocorrer. Portanto, toda não conformidade está relacionada a algum nível de risco.

Deste modo, em termos informais, uma patologia manifesta é conseqüente de um risco “que deu certo”. Daí a importância em se levar em conta as não conformidades no processo de investigação e solução de patologias em SPHS. Nestes casos, isto conduzirá à proposição de medidas preventivas contra o futuro aparecimento de manifestações patológicas associadas, sob certo nível de probabilidade, variável caso a caso.

Conforme visto, residem majoritariamente em deficiências de projeto as origens das patologias e não conformidades em SPHS. Isto remete à importância do emprego de ferramentas de avaliação adequadas no processo de projeto para a verificação do atendimento a indicadores específicos (*benchmarks*). Entre elas, pode-se lançar mão da lista de verificações (*checklist*), do *scorecard*, de testes e simulações (PREISER; VISCHER, 2005), cujo detalhamento para a melhoria no processo de projeto foge ao escopo deste trabalho.

Certamente um projeto desenvolvido sob um processo integrado (FIGUEIREDO, 2009), valendo-se de recursos como o comissionamento e ferramentas de avaliação deste gênero colabora significativamente para a redução da incidência de patologias nos SPHS. Entretanto, a contribuição deste trabalho nesse sentido está voltada para a retroalimentação a partir da investigação e solução de patologias nestes sistemas do edifício, valendo-se de método hierarquizado a partir da proposição de diretrizes adiante formuladas.

## **2.4 Qualidade dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários**

“Patologias construtivas” e “qualidade na construção” estão diretamente associadas e são inversamente proporcionais, a ponto de poder se afirmar que, em termos absolutos, onde existe uma não está presente a outra.

Thomaz (2001) registra que um grande número de instituições técnicas nacionais e estrangeiras há muito vêm concentrando esforços nos temas “patologias” e “qualidade” das construções, assuntos diretamente relacionados com “levantamentos pós-ocupação”, “normalização técnica”, “avaliação de desempenho”, “sistemas de aprovação técnica”, “processos de certificação” e “gestão da qualidade”.

Para Amorim, Vidotti e Cass (1993), a pesquisa de problemas patológicos tem como objetivo a melhoria da manutenção, da execução, do projeto, do planejamento e do ensino dos SPHS; em síntese, visa a melhoria da qualidade do ambiente construído.

O conceito de qualidade está genericamente associado à satisfação do cliente com um determinado bem (produto ou serviço) e se aproxima do conceito de desempenho na medida em que se vincula à adequação ao uso desse bem, passo essencial na definição das necessidades dos usuários dos SPHS segundo Ilha (1993). Esta autora cita que a satisfação do cliente tem origem nas próprias características do produto ou serviço.

A qualidade dos SPHS está relacionada ao emprego de um processo que contempla a melhoria contínua. Inicia-se na clara identificação dos clientes e fornecedores em todas as etapas: geração, uso, operação e manutenção, com o objetivo de determinar as exigências de cada qual, relativas ao fluxo de produtos, serviços e informações. Isto permite destacar os pontos potenciais de problemas que posteriormente poderão constituir falhas nos SPHS. Em seguida passa pela identificação e caracterização do fluxo de produtos, serviços e informações entre os intervenientes no processo de produção do projeto, a começar pela fase de concepção do produto. Esta consiste no levantamento de dados, elaboração do programa de necessidades e no estudo de viabilidade (PIMENTA *et al*, sd). Segue-se a definição do produto, ao longo das etapas tradicionais de estudo preliminar, anteprojeto ou projeto pré-executivo e projetos legais para aprovação em órgãos públicos e companhias concessionárias de serviços públicos. A fase subsequente compreende a identificação e solução de interfaces entre as várias áreas técnicas envolvidas, resultando num projeto básico que dá origem um projeto de detalhamento de especialidades ou executivo. Integram esse processo a pós-entrega do projeto e da obra.

A propósito, Figueiredo (2009) ressalva que a nomenclatura convencional para essas etapas leva a uma percepção distorcida de que o projeto corresponde ao produto final do processo.

Esta posição fica evidenciada pelos termos *estudo preliminar*, *anteprojeto* ou *projeto pré-executivo*, indicando a produção preliminar ao projeto de execução, este sugerindo o produto acabado ou “definitivo”. Amorim (1997a) contrapõe o conceito “serviço” a “produto”, considerando não importar simplesmente a entrega de um projeto como produto acabado e sim que ele seja auxiliar durante todo o processo de produção da edificação, até a sua entrega final ao usuário. Depois da entrega, ele passa a auxiliar durante todo o período de assistência técnica e embasa análises pós-ocupação.

Figueiredo (2009) aponta que, na referida nomenclatura tradicional, os termos não fornecem indícios da natureza das atividades em cada etapa. Em seu lugar ele propõe uma designação que, no seu entendimento, melhor reflete a compreensão do projeto como um processo. Os termos se associam às atividades dentro de cada etapa, mostrada no Quadro 2.1 comparativamente à nomenclatura padronizada pela NBR 13531:1995 (ABNT, 1995b) e às terminologias referidas pela ABRASIP (PIMENTA *et al.*, não datado) e pela *International Energy Agency* (IEA) (2000).

Quadro 2.1 - Terminologias adotadas para as etapas do empreendimento

ABNT (1995b)	ABRASIP (PIMENTA <i>et al.</i> , nd. )	<i>International Energy Agency</i> (2000)	Terminologia proposta por Figueiredo (2009)
levantamento (LV)	concepção do produto	<i>pre-design</i>	pré-projeto
programa de necessidades (PN)			
estudo de viabilidade (EV)			
estudo preliminar (EP)	definição do produto	<i>concept design</i>	conceituação do projeto
anteprojeto (AP) ou pré-execução (PR)		<i>design development</i>	desenvolvimento do projeto
projeto legal (PL)			
projeto básico (PB)	identificação e solução de interfaces de projeto		
projeto executivo (PE)	projeto de detalhamento das especialidades	<i>construction documents</i>	documentos de construção
(não contempla)	pós-entrega de projetos	<i>building construction</i>	construção
(não contempla)	pós-entrega da obra	<i>building operation</i>	uso e operação

Entretanto, deve-se levar em conta todo o ciclo de vida do empreendimento, o que implica considerar todas as etapas do empreendimento, desde o planejamento inicial até a adaptação para reuso e/ou desmontagem e reciclagem ao final da etapa de uso e operação, (FIGUEIREDO, 2009) e não apenas a etapa do projeto.

A aplicação das ferramentas da qualidade aos SPHS dentro um de processo de melhoria contínua pressupõe, portanto, não só a identificação dos intervenientes no processo e a identificação do fluxo de informações, mas também o seu adequado registro e acompanhamento em todas as etapas. São exemplos de informações relevantes as exigências dos clientes, o método construtivo adotado, fluxos para a compatibilização dos projetos, especificações dos componentes, modificações na fase de execução, etc.

Segundo Ilha (1993), esse procedimento facilita a elaboração de desenhos cadastrais, do manual de operação, uso e manutenção dos SPHS, as tarefas com manutenção, entre outros, destacando a montagem de um banco de dados que possibilita a retroalimentação do processo, servindo como subsídio para o desenvolvimento de novos projetos. Isto é particularmente válido quando o próprio empreendedor gerencia ou realiza as atividades de manutenção pós-ocupação e comunica as patologias constadas aos intervenientes no processo. O encaminhamento para a solução dos problemas deve ser sistemático e documentado, para promover a eliminação da causa que o gerou. Para este fim, com vistas à redução ou supressão de patologias nos SPHS originárias em alguma(s) etapa(s) desse processo, Ilha (1993) indica o método de melhorias conhecido como MASP - Método de Análise e Solução de Problemas. Este método é atualmente muito empregado como recurso na gestão da qualidade, especialmente quando associado ao ciclo PDCA, a seguir sintetizado (ANDRADE, 2003).

## **2.5 O Método de Análise e Solução de Problemas com enfoque no ciclo PDCA**

O método desenvolvido no Japão sob a designação *QC Story*, a partir da fábrica da Komatsu Awatsu no início dos anos 60 (CORTADA, 2005), como desdobramento do então chamado Ciclo Deming ou PDCA (*Plan-Do-Check-Action*) ficou posteriormente conhecido no Brasil como MASP – Método de Análise e Solução de Problemas.

**Planejar** (*plan*) significa determinar analítica e quantitativamente quais são os problemas-chave num processo ou atividades existentes e como eles podem ser corrigidos; **executar** (*do*) é implementar um plano para isso; **verificar** (*check*) confirmar analítica e quantitativamente que o plano adotado funciona e resulta num melhor desempenho. Finalmente, **atuar** (*act*) representa modificar o processo anterior adequadamente, documentá-lo e utilizá-lo.

O ciclo PDCA, que permite reconhecer um problema, identificar as suas causas e adotar medidas para eliminá-las, está ilustrado na Figura 2.12.

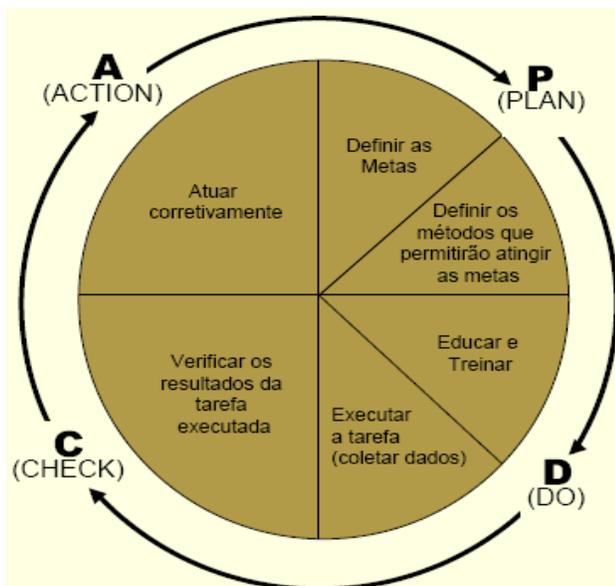


Figura 2.12 – Ciclo PDCA de controle de processos (Fonte: CAMPOS, 1992)

Ilha (1993) sintetiza a aplicação do ciclo PDCA aos SPHS defectivos ao apontar que, uma vez detectados os problemas e identificadas as suas causas, deve-se estabelecer as prioridades a serem atacadas, definindo-se as metas a serem atingidas e os métodos para atingi-las. Na sequência, efetua-se o treinamento dos recursos humanos envolvidos para a execução da tarefa proposta, verificando-se os resultados alcançados com a medida corretiva. Se o desempenho dos SPHS com relação ao problema foi satisfatório (ou seja, se as medidas corretivas foram eficientes) passa-se à abordagem dos demais problemas, reiniciando-se o processo (conforme sugere a Figura 2.12), visando o aumento da qualidade ou melhoramento contínuo do sistema.

O PDCA, portanto, simboliza o princípio da iteração na resolução de problemas ao indicar a implementação de correções e melhorias por etapas e a repetição do ciclo várias vezes. O MASP constitui peça fundamental para que o controle de qualidade possa ser exercido. “Rodar o PDCA” significa empregar este ciclo, sucessivamente, nos processos de resolução de problemas, planejamento da melhoria, execução, verificação e padronização ou atuação das atividades, levando a um ganho de qualidade (CAMPOS, 1992). Este processo está esquematizado na Figura 2.13.

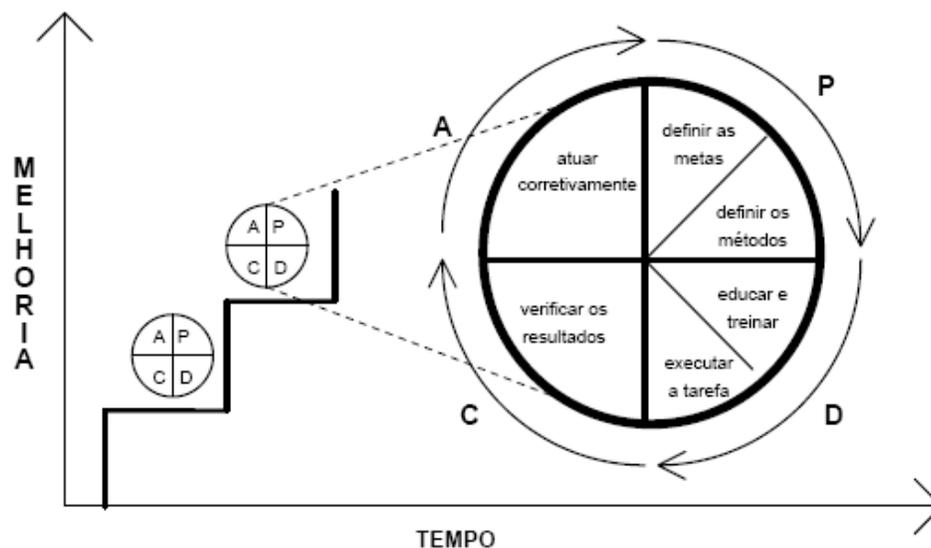


Figura 2.13 – Melhoramento contínuo baseado em seqüências de aplicação do PDCA (Fonte: CAMPOS, 1992)

O MASP, como processo de controle da qualidade via ciclo PDCA, propicia a utilização das ferramentas da qualidade de forma ordenada e lógica, facilitando a análise de problemas, determinação de suas causas e elaboração de planos de ação para eliminação dessas causas. Em programas de qualidade das organizações, os métodos de análise e solução de problemas constituem ferramentas indispensáveis, uma vez que formam a base para eliminação de defeitos e desperdícios (CORTADA, 2005).

Entre os benefícios do emprego do MASP está o aumento da eficiência das empresas em suas atividades de melhoria da qualidade, entre as quais a resolução de problemas através de procedimentos cientificamente comprovados para encontrar as suas verdadeiras causas, aumentando a probabilidade de se resolver satisfatoriamente uma situação que abriga um dado problema. Além disso, o MASP está em plena sintonia com o método de controle e gerenciamento de processos utilizado no TQC (Controle da Qualidade Total), o ciclo PDCA.

Para Campos (1992), a grande importância do MASP está no fato dele alimentar com fatos e dados as decisões que, de outra forma, seriam tomadas apenas com base em bom senso ou *"feeling"*. Segundo este autor, decisões baseadas exclusivamente em bom senso, experiência ou intuição levam a soluções frequentemente erradas ou extremamente dispendiosas, o que poderia ser evitado com o uso de um processo de análise adequado para resolver o problema.

Ele aponta que o MASP é justamente a maneira de fazer os dados e fatos serem considerados na busca da solução de um problema. Além disto, ressalta a diferença entre método e ferramenta, ao explicar que o método é a seqüência lógica para se atingir a meta desejada, ao passo que a ferramenta é o recurso a ser utilizado no método. Para ele, de nada adianta conhecer ferramentas se o método não é dominado. Em síntese, o que soluciona um problema não são as ferramentas, mas a aplicação do método. Portanto, o MASP-PDCA é uma seqüência lógica para a solução de problemas, ao passo que as ferramentas do controle da qualidade são os recursos a serem utilizados na aplicação da solução de problemas (SCHOBA, 2003).

Malgrado se observe na já farta literatura disponível denominações diversas para o MASP, diferentes quantidades de etapas e até mesmo de procedimentos, Cortada (2005) ressalta que a essência do processo é sempre a mesma, apesar das variações na ênfase em um ou mais passos.

O método parte de uma situação detectada, cuja descrição identifica um problema, primeiramente avaliado de modo a representar um desvio de desempenho ou uma oportunidade de melhoria. Tratando-se de uma situação insatisfatória, a análise é essencialmente voltada para a descoberta das causas do desvio, com o levantamento do histórico do processo e determinação dos fatores que afetaram eventos ocorridos cujos efeitos ainda perdurem no presente (MOREIRA, 2004).

Aguiar (2002) enfatiza que o objetivo da análise de um desvio é sua correção, enquanto o da análise de uma oportunidade é a obtenção de uma melhoria pretendida. Segundo Moreira (2004), em princípio, o primeiro objetivo busca a recuperação de uma situação anterior ao desvio, conhecida e controlada, cuja decisão associada ocorre sob condições de certeza, ao passo que no segundo caso tem-se uma situação de incerteza, sujeita a riscos de avaliação.

O requisito essencial para se postular ou investigar alternativas de ação na solução de um problema é estabelecer objetivos para ela. As alternativas são estratégias possíveis para a consecução desses objetivos. Elas podem tomar forma de providências imediatas e sumárias, de planos de ação relativamente simples ou de verdadeiros projetos de investimento.

Ainda segundo o autor citado, a solução deverá ser não apenas a mais conveniente, adequada ou eficaz, mas principalmente a mais oportuna e viável para a empresa como um todo (ARIOLI, 1998 *apud* MOREIRA, 2002)<sup>3</sup>.

O processo encerra com medidas preventivas mitigadoras das probabilidades de reincidência do problema. Isto ocorre principalmente mediante o estabelecimento de padrões e procedimentos adequados e pelo treinamento de pessoal, sob caráter sistêmico, portanto, aberto e permanente. Ele se retroalimenta com as informações geradas pelo controle da ação empreendida, gerando novos níveis de correção e de melhoria, de prevenção aos desvios e de antecipação às oportunidades. Campos (1992) oferece uma síntese associando as etapas do MASP ao ciclo PDCA reproduzida no Quadro 2.2.

PDCA	Fluxograma	Fase	Objetivo
P	1	Identificação do problema	Definir claramente o problema e reconhecer sua implementação.
	2	Observação	Investigar as características específicas do problema com uma visão ampla e sob vários pontos de vista.
	3	Análise	Descobrir as causas fundamentais.
	4	Plano de ação	Conceber um plano para bloquear as causas fundamentais.
D	5	Ação	Bloquear as causas fundamentais.
C	6	Verificação	Verificar se o bloqueio foi efetivo.
	(Bloqueio foi efetivo?)		
A	7	Padronização	Prevenir contra o reaparecimento do problema.
	8	Conclusão	Recapitular todo o processo de solução do problema para trabalho futuro.

Quadro 2.2 – Etapas do MASP associado ao PDCA (Fonte: CAMPOS, 1992).

## 2.6 Durabilidade, vida útil e manutenção predial

Sendo a necessidade de manutenção um dos pressupostos do bom funcionamento dos SPHS, a sua não realização satisfatória leva inexoravelmente à ocorrência de patologias. As conseqüências destas vão desde simples, porém persistentes, desconfortos aos usuários, até intoxicações, contaminações e risco de morte.

<sup>3</sup> ARIOLI, E. E. **Análise e solução de problemas**: O Método da Qualidade Total com dinâmica de grupo. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1998.

Durabilidade de um produto, a exemplo de um componente dos SPHS, é a capacidade de ele manter as suas propriedades ao longo do tempo sob condições normais de utilização (SANTOS e BEBER, 2006). Outra concepção mais simples aponta durabilidade apenas como a capacidade de um produto de manter as suas propriedades em condições de uso.

Segundo Santos e Beber (2006), a ASTM e o consórcio CIB W80-RILEM conceituam durabilidade como a capacidade de um produto, componente, montagem ou construção manter a condição de poder ser utilizado em uma função específica durante um período pré-determinado de tempo (*serviceability*).

A durabilidade não é uma qualidade inerente apenas ao material do componente ou ao próprio componente, mas depende também de suas condições de exposição enquanto em serviço e mesmo das condições de utilização e de manutenção a que fica submetido. A durabilidade ainda está associada com a relação entre os diversos materiais que compõem os SPHS, sua forma geométrica e até mesmo o processo construtivo empregado. Disto se conclui pela relatividade do conceito de desempenho. Ele só deve ser empregado de maneira comparativa entre diferentes materiais e componentes em um mesmo ambiente construído ou entre dois usos distintos de um mesmo material ou componente.

Em termos gerais, durabilidade pode ser entendida como a resistência de um material ou componente à deterioração ou degradação, ou seja, à perda progressiva das suas qualidades, necessárias para prestar as funções a que foi destinado no edifício. Em outras palavras, a durabilidade também pode ser conceituada como o período de tempo em que um produto (material ou componente) se mantém em condições satisfatórias de uso, em que atende aos correspondentes requisitos de desempenho, garantia e operação normal, condicionados ou não a processos de manutenção (TANNOUS, 2003).

É possível mensurar a degradação em termos objetivos, valendo-se da medida de uma ou mais propriedades específicas, permitindo, num dado momento, obter dados de indicadores de deterioração dentro de escalas pré-definidas de degradação, tais como resistência mecânica, cor, resiliência, etc.

Os especialistas do IBAPE-SP (2002) diferenciam degradação de deterioração, uma vez que entendem degradação como o desgaste dos componentes e sistemas das

edificações em decorrência do transcurso do tempo, uso e interferências do meio, enquanto definem deterioração como o desgaste conseqüente de uso ou manutenção inadequados.

Evidente que, ocorrendo natural processo de degradação ou de deterioração do componente dos SPHS de um dado edifício, o seu desempenho fica prejudicado, ou seja, o nível de desempenho associado acaba por gradualmente reduzir-se, conforme expressa o gráfico da Figura 2.14.

Estes processos são por vezes referidos como “degenerescência” (MARCELLI, 2007), termo particularmente empregado quando os componentes dos SPHS do edifício já não apresentam mais as suas características originais, ao longo do processo de perda de suas qualidades funcionais.

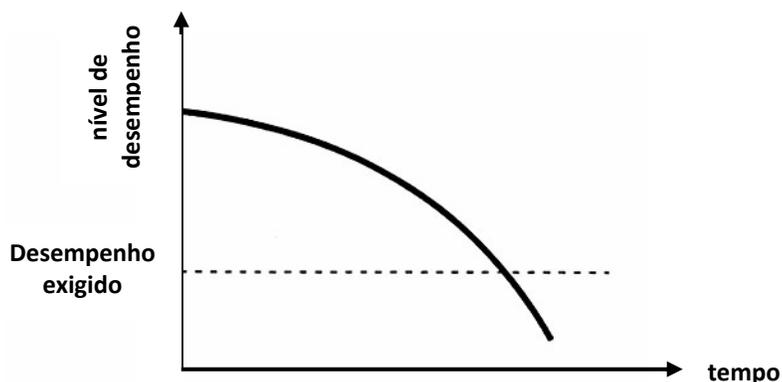


Figura 2.14 – Perda de desempenho com o tempo (Fonte: MARCELLI, 2007)

Esta figura mostra que, quando o nível de desempenho oferecido pelo componente ou material atingiu ou ficou aquém do nível de desempenho requerido nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários, tal dispositivo não está mais em condições de atendimento dos requisitos de desempenho esperados. Ele então deve ser substituído, reparado ou regulado, ou seja, requer alguma forma de manutenção ou intervenção. Disto se conclui que, uma vez atingido o nível de desempenho mínimo admissível, o componente deve ser descartado ou necessariamente passar por manutenção.

Marcelli (2007) apresenta diversos processos de degenerescência de materiais e de componentes, cada qual apresentando diferentes variações de propriedades no decorrer do tempo, mostrados na Figura 2.15. Esta figura traz quatro formas possíveis de se avaliar uma variação temporal de propriedade de um material ou componente dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários (MARCELLI, 2007), a saber:

- CURVA A: É característica dos materiais/componentes muito estáveis em relação a uma propriedade definida. Exemplo: Resistência à estanqueidade numa junta soldada de uma tubulação de cobre de sistema predial de distribuição de água fria;
- CURVA B: É característica dos materiais/componentes que têm um comportamento cuja propriedade decresce de forma constante por um determinado período e depois sofre um colapso repentino. Exemplo: Perda de estanqueidade do conjunto de vedação (dito comumente “reparo”) de válvula de descarga de bacia sanitária;
- CURVA C: É característica dos materiais/componentes que sofrem uma degradação linear ao longo do tempo, admitindo que a linearidade se mantenha ao longo de toda a vida útil. Exemplo: Perda de estanqueidade de um registro do tipo gaveta;
- CURVA D: É característica dos materiais/componentes cujas propriedades apresentam uma variação exponencial ao longo do tempo. Exemplo: Pressão de abertura de uma válvula de alívio.

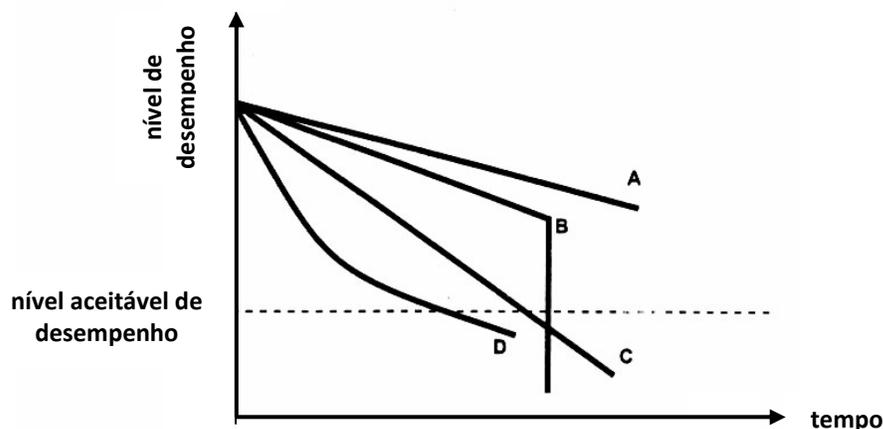


Figura 2.15 – Variação das propriedades de materiais e componentes ao longo do tempo  
(Fonte: MARCELLI, 2007)

Em conseqüência destes processos degenerativos sobre um dado material ou componente dos SPHS, uma vez atingido o nível mínimo de desempenho admissível, e não ocorrendo qualquer tipo de manutenção, ele não terá mais condições de operar adequadamente (Curva 1 da Figura 2.16). Por outro lado, intervenções periódicas de manutenção poderão dar-lhe apreciável sobrevida (Curva 2 da Figura 2.16), ou seja, garantir elevada durabilidade.

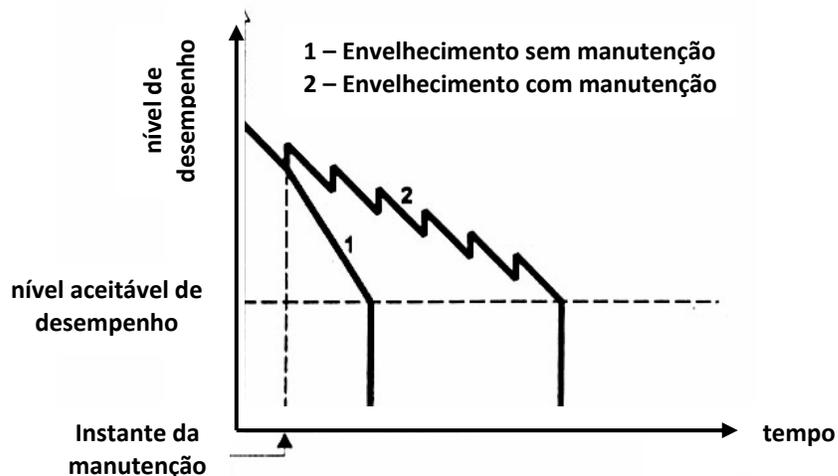


Figura 2.16 – Influência da manutenção na durabilidade de materiais e componentes (Fonte: MARCELLI, 2007)

Neste segundo cenário, a realização de atividades periódicas de manutenção pode ser considerada como um meio de reconstituição (recuperação) dos níveis de qualidade dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários perdidos. Ele tem como resultado imediato o prolongamento da vida útil do sistema como um todo ou de seus componentes isoladamente considerados. Note-se na curva teórica da Figura 2.17 que, por falta de manutenção oportuna, o terceiro ciclo de degradação atingiu um nível de desempenho abaixo do mínimo exigido, requerendo recuperação do componente deteriorado. Isto também constitui uma forma de manutenção, neste caso corretiva, o que não é exatamente desejável, pois o nível de qualidade do sistema predial permaneceu insatisfatório durante certo intervalo de tempo.

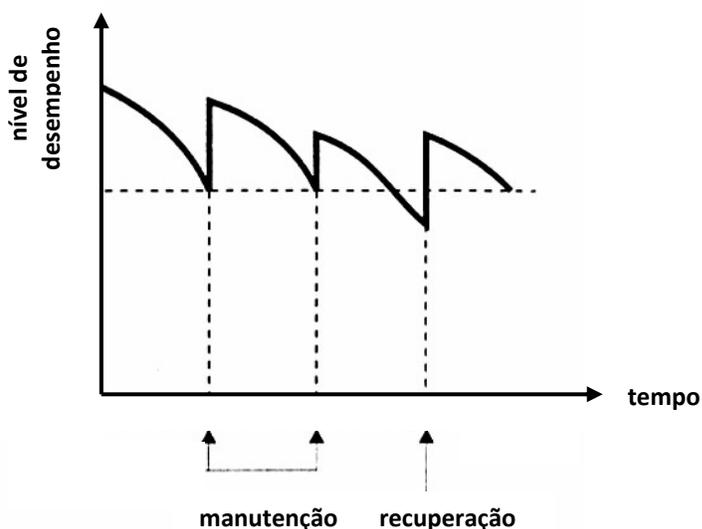


Figura 2.17 – Curva teórica de perda de desempenho com influência da manutenção (Fonte: MARCELLI, 2007)

Marcelli (2007) enfatiza que, quando se deseja fazer um planejamento de manutenção preventiva, ou seja, antes que o dano aconteça, é importante ter conhecimento da curva característica da perda de desempenho de cada material ou componente dos SPHS. Entretanto, essa tarefa, quando voltada para a manutenção predial, não é nada fácil, por não se poder contar com programas de manutenção de equipamentos industriais, para os quais tais curvas são melhor conhecidas.

Este autor esclarece que a dificuldade inicial na manutenção predial está justamente no desenvolvimento e implantação do sistema de manutenção preventiva e no envolvimento de pessoal responsável para tanto, no treinamento ou capacitação, na administração e principalmente na obtenção de recursos financeiros.

Santos e Beber (2007) qualificam de inevitável a associação entre os conceitos de vida útil e de durabilidade de materiais e componentes de um dado sistema predial. Durabilidade é entendida como a capacidade de um produto conservar a sua manutenibilidade (*serviceability*). Já a vida útil é definida como o período de tempo durante o qual as propriedades deste produto permanecem em níveis acima de limites admissíveis, quando submetidos a serviços normais de manutenção. Daí se depreende que o neologismo “manutenibilidade” se refere à característica de um produto, projetado para determinada finalidade, que garante a habilidade deste em executar satisfatoriamente as funções para as quais foi destinado e que pode ser sustentada durante a sua vida útil com o mínimo de custo e trabalho (NEPOMUCENO, 1999).

Desta forma, a vida útil é determinada por parâmetros de desempenho. Isto equivale a dizer que a vida útil é definida por meio de indicadores de degradação, que devem sempre situar-se acima de limites mínimos aceitáveis. Entretanto, apesar de atender a estes limites, muitas vezes o material ou o componente pode não mais se mostrar atrativo do ponto de vista econômico. As causas deste fato podem estar relacionadas à obsolescência técnica do material, mudanças em normas técnicas correlatas, aumento das exigências de conforto, aparecimento de produto similar com menor custo, e mesmo obsolescência técnica do conjunto tecnológico que integra. Sendo assim, “vida útil econômica” é definida como o período de tempo durante o qual um material ou componente continua a atender os objetivos para os quais foi destinado, a um custo menor do que qualquer substituto. Não se trata somente de mantê-lo útil em serviço, porém cumprir esta premissa de forma competitiva em relação a outras alternativas.

A vida útil de uma edificação está condicionada à vida útil de seus componentes isoladamente considerados. Um componente ou elemento com função estrutural cuja manutenção e/ou reposição é de difícil execução ou muito onerosa deve possuir vida útil igual à prevista para a edificação. Por outro lado, componentes sem função estrutural podem apresentar vida útil inferior à da edificação desde que os serviços de manutenção ou reposição sejam de fácil execução. Este mesmo raciocínio serve, evidentemente, para os diversos subsistemas que compõem os sistemas prediais hidráulicos e sanitários.

A Figura 2.18 sintetiza a evolução do desempenho de um dado material ou componente dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários no decurso do tempo, já incorporando o conceito de vida útil e de vida útil econômica.

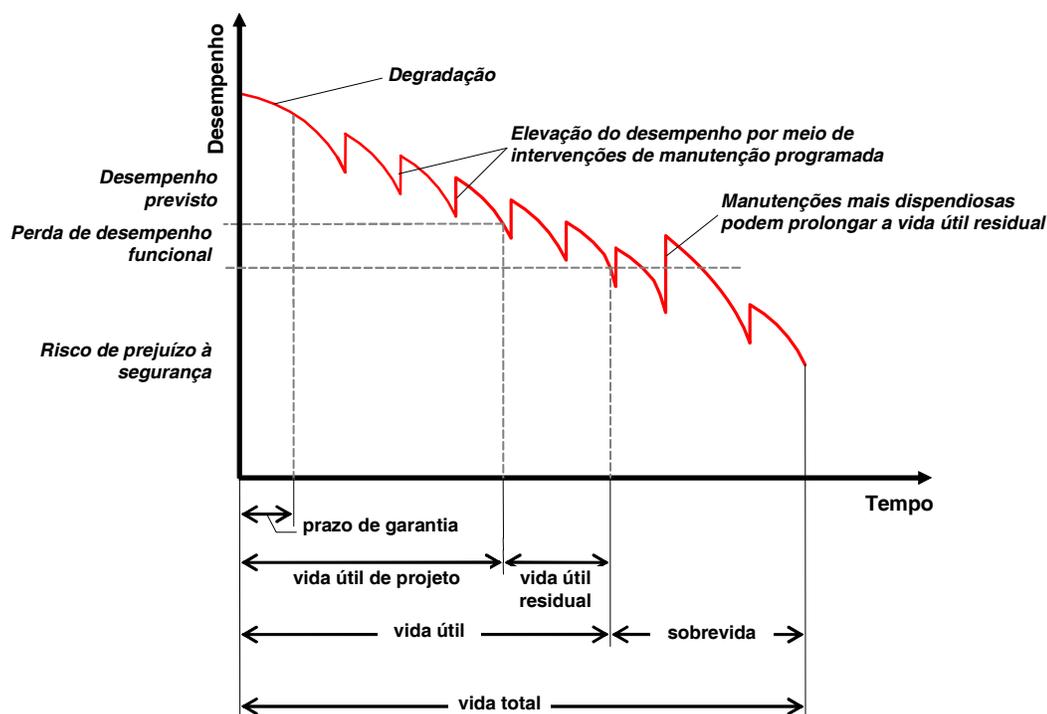


Figura 2.18 – Diagrama de evolução do desempenho ao longo do tempo (Adaptado de LEAL, 2004)

Note-se que intervenções periódicas de manutenção predial programada contribuem para manter os níveis de desempenho sempre acima de um limite mínimo aceitável. Mesmo ultrapassada a vida útil prevista em projeto, um período adicional de vida útil pode ser acrescentado ao material ou componente com admissão de alguma redução deste limite até um nível em que não se ponha em risco a segurança à saúde ou à vida dos usuários dos SPS.

A inter-relação entre desempenho, patologia, desgaste, deterioração, durabilidade e vida útil de materiais e componentes de uma edificação, em especial dos seus SPHS, permite afirmar que a realização de atividades de manutenção predial constitui um resgate dos níveis de qualidade perdidos, que levam ao prolongamento da sua vida útil.

Este contexto leva a concluir que a durabilidade não é alcançada somente pela produção, especificação e emprego de materiais e componentes mais duráveis frente às condições de uso e de exposição, mas também o é pela implantação de um programa apropriado de manutenção predial que abranja os SPHS do edifício.

Manutenção predial é definida pela NBR 5674 (ABNT, 1999a) como “o conjunto de atividades a serem realizadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional da edificação e de suas partes constituintes a fim de atender às necessidades e segurança dos seus usuários”.

Os técnicos do IBAPE-SP (2005) conceituam manutenção predial como o conjunto de atividades e recursos aplicados aos sistemas ou equipamentos visando garantir a consecução de sua função dentro de parâmetros de disponibilidade, de qualidade, de prazos, de custos e de vida útil adequados.

Cremonini e John (1989), citando Gosselin e Hendrickx (1987)<sup>4</sup>, definem sinteticamente manutenção predial como o conjunto de serviços executados para manter em funcionamento a edificação e seus componentes, ou ainda, as atividades realizadas na edificação e seus componentes durante a sua vida útil, de forma que mantenham seus desempenhos e continuem a cumprir as funções a eles destinadas.

Segundo Prado (2000), manutenção de sistemas prediais hidráulicos e sanitários compreende um conjunto de atividades necessárias para garantir o controle do desempenho no nível pré-estabelecido para o sistema e um programa contínuo de ações capazes de evitar e/ou corrigir deficiências no sistema, e, dessa forma, assegurar o seu perfeito funcionamento. Para tanto, um serviço de manutenção deve ser realizado atendendo às recomendações disponíveis num manual apropriado, com a finalidade de estabelecer procedimentos de manutenção compatíveis com os sistemas, materiais e componentes em consideração.

---

<sup>4</sup> GOSSELIN, P.; HENDRICKX, M. La gestion de l'entretien de batiments: une necessité. **CSTC Revue**. Bruxelles: v. 1, p. 35-51, jan. 1987.

Estes autores ainda acrescentam que, na indisponibilidade de um manual apropriado, podem ser empregados procedimentos gerais para a realização dessa tarefa.

Deste modo, a manutenção predial pode ser entendida como o conjunto de atividades necessárias à garantia do seu desempenho satisfatório ao longo do tempo ou o conjunto de rotinas que têm por finalidade o prolongamento da vida útil do edifício e seus subsistemas, a um custo compensador.

A manutenção predial deve ser interpretada como uma ação programada preventiva de futuras patologias, e não apenas como atividade corretiva ou reparadora de problemas observados, o que torna imperativo um rigoroso programa ou plano de manutenção periódica. Este programa exige uma metodologia adequada de operação, controle e execução, válida somente se os custos de implementação forem compensadores do ponto de vista econômico, em termos de benefícios proporcionados ao desempenho do edifício e de seus subsistemas.

A norma britânica BS 3811:1993 *Glossary of terms used in terotechnology* (1993)<sup>5</sup> apud Santos e Beber (2007) apresenta a seguinte subdivisão da manutenção predial:

- **Manutenção planejada preventiva:** atividades realizadas durante a vida útil da edificação, de maneira a antecipar-se ao aparecimento de defeitos, assegurando sua continuidade de operação;
- **Manutenção planejada corretiva:** atividades desenvolvidas para recuperar o desempenho perdido;
- **Manutenção não planejada:** atividades realizadas para recuperar o desempenho perdido devido a causas externas não previstas.

Apesar de não ser conceituada pela *British Standardization Institution* (BSI), a manutenção predial preditiva constitui um desdobramento da manutenção planejada. Tannous (2003) explica que, enquanto a manutenção preventiva clássica é caracterizada pela substituição de componentes em períodos regulares, a manutenção preditiva consiste numa técnica em que a manutenção é executada no momento adequado, antes que ocorra uma falha qualquer.

---

<sup>5</sup> BRITISH STANDARD INSTITUTION (BSI). **BS 3811** : Glossary of terms used in terotechnology. London, 15 dec.1993. 52 p.

Uma manutenção planejada é tanto mais eficiente quanto maior for a confiabilidade da sistemática envolvida. Já a manutenção corretiva está associada a ocorrência de falhas, com execução de reparos, consertos e/ou substituição de componentes devido a danos e quebras, ou seja, a falhas inesperadas.

Analisando as definições acima, identifica-se que as atividades de manutenção podem ter dois focos: a durabilidade dos materiais e as manifestações patológicas. À manutenção preventiva relaciona-se a durabilidade. Por outro lado, à manutenção corretiva não planejada estão associadas as manifestações patológicas nos subsistemas de uma edificação que estejam apresentando desempenho insatisfatório. Nestes casos, deve-se proceder a uma intervenção técnica no componente afetado para que este volte a apresentar um desempenho satisfatório, prolongando a sua vida útil. Seguem-se com mais detalhes as modalidades de manutenção predial citadas, assim como uma visão comparativa e comentários sobre a aplicabilidade de cada uma aos SPHS.

### **2.6.1 Manutenção predial planejada preventiva**

Em Prado (2000) explica-se que a manutenção preventiva visa reduzir a probabilidade de ocorrência de desempenho a um nível inferior ao pré-estabelecido nas fases de projeto e de execução dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários. São providências que buscam prevenir e/ou evitar qualquer anormalidade no funcionamento do sistema, e que englobam a atividade rotineira de inspeção física, previamente programada, de todas as partes do sistema, em busca de sinais de deterioração.

Tannous (2003) destaca que a manutenção preventiva nos SPHS deve ser pensada durante a fase do projeto, independentemente do uso da edificação, porém respeitando as particularidades e necessidades do perfil do usuário, assim como as normas técnicas aplicáveis. Isto para garantir a elaboração de detalhes construtivos de instalação, operação, segurança e durabilidade com o objetivo de viabilizar o empreendimento técnica e economicamente, além de facilitar, racionalizar e tornar seguras e ambientalmente corretas as futuras manutenções. A manutenção preventiva nos SPHS deve incorporar rotinas de vistorias periódicas às partes visíveis e acessíveis, assim como às superfícies externas de partes não visíveis (trechos embutidos em alvenaria, dentro de forros falsos, enterrados, etc.) para constatação de anomalias, como indícios de vazamentos (Figura 2.19).



Figura 2.19 – Presença de umidade em laje rebaxada (esq.) e em parede externa de banheiro (dir.) sugestivas da ocorrência de vazamentos a partir de tubulações embutidas

Tais vistorias destinam-se também a minimizar os problemas de deterioração natural e precoce dos componentes dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários, antecipando-se ao aparecimento de patologias que prejudiquem o funcionamento normal da edificação.

As rotinas do que fazer e a periodicidade das vistorias estão diretamente relacionadas às condições de uso previstas em projeto para o edifício, da existência de equipe de manutenção, das técnicas executivas e da conscientização do uso adequado dos SPHS pelos usuários. Para tanto, Tannous (2003) ressalta a importância da posse de um histórico de falhas dos seus componentes. Este facilitará a manutenção preventiva, entendida como a realização preventiva de tarefas em benefício da redução do risco de falhas, visando o aumento do intervalo de tempo médio entre duas falhas consecutivas de mesma natureza, que deve ser sempre o maior possível.

### **2.6.2 Manutenção predial planejada preditiva**

Em PCM (2000), a manutenção planejada preditiva é aquela que se apóia no monitoramento da operação dos equipamentos presentes nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários. Um dos aspectos da manutenção preditiva é basear-se em dados estatísticos para prever a ocorrência de uma falha. Por exemplo, quando o fabricante afirma que a vida útil de um rolamento do eixo de uma determinada bomba centrífuga é de 10 mil horas é porque várias unidades foram previamente ensaiadas e este foi o valor médio apresentado dentro de uma distribuição normal, por exemplo, considerado um certo intervalo de confiança dado pelos respectivos desvios-padrão.

Dentro deste critério, a manutenção preditiva tem como característica explorar toda a vida útil dos componentes de um determinado sistema predial ou de um dado equipamento, uma vez que seus princípios foram essencialmente desenvolvidos para instalações e equipamentos industriais.

A manutenção preditiva tem por premissa a intervenção condicional sobre uma máquina ou equipamento, uma vez que acompanha a evolução de um determinado parâmetro até que este indique o momento da intervenção. Para tanto, ela ocorre em quatro fases distintas, sintetizadas na Figura 2.20, a saber: medição de um dado parâmetro de controle, estabelecimento de um diagnóstico, análise de tendência e intervenção.

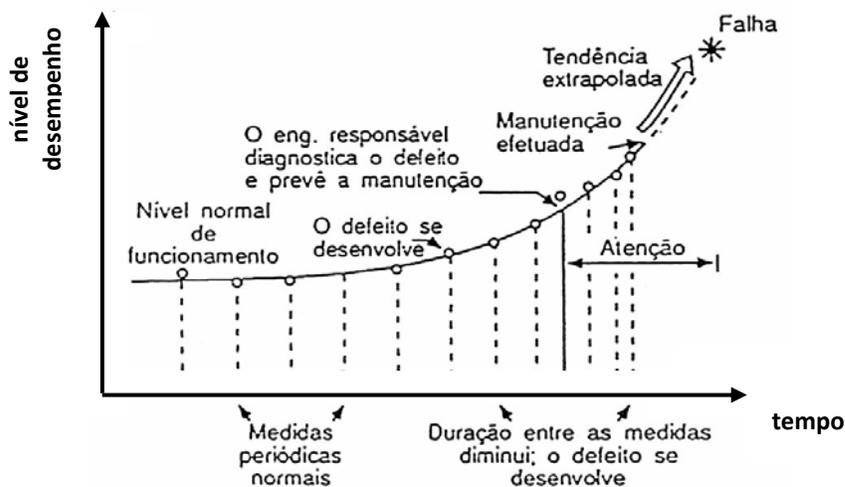


Figura 2.20 – Desenvolvimento da manutenção preditiva (Fonte: MARCELLI, 2007)

Segue-se a seqüência habitual de desenvolvimento do processo de manutenção preditiva para um dado equipamento ou componente dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários:

### a) Medição de um parâmetro

O responsável pelo controle da manutenção preditiva elege uma grandeza (parâmetro de controle) que varia sensivelmente antes de um dado componente ou equipamento apresentar falha. Por exemplo, no caso de uma bomba centrífuga, o parâmetro de controle pode ser o nível de vibração, a temperatura da carcaça, a pressão da água recalçada a jusante, a vazão bombeada, etc. Ele então faz medições periódicas de uma ou mais grandezas.

## **b) Estabelecimento de um diagnóstico**

Quando é constatada uma variação significativa da grandeza monitorada, o responsável pelo controle da manutenção preditiva, na medida do possível, estabelece um diagnóstico concernente à origem e à gravidade da falha ou defeito. Isto é feito antes de programar o reparo ou recuperação. Por exemplo, um sobreaquecimento ou aquecimento anormal da carcaça da bomba pode ser indicativo de atrito excessivo no rolamento do eixo mecânico da bomba centrífuga, o que levará o responsável a formular esta hipótese e averiguar o estado de operação desse rolamento, constatando eventual engripamento, desgaste anormal dos rolamentos, etc.

## **c) Análise de tendência**

O diagnóstico, uma vez estabelecido, permite ao responsável avaliar o tempo disponível antes de ocorrer quebra ou avaria que possa deixar o equipamento ou componente do sistema hidráulico predial sob vigilância e poder prever o reparo. No exemplo proposto, considere-se ter o responsável constatado desgaste excessivo do rolamento, exercendo acentuado atrito interno, razão da dissipação de grande parte da energia mecânica na forma de calor.

## **d) Intervenção**

Por fim, o responsável pela manutenção preditiva autoriza a realização da intervenção corretiva com um prazo mínimo de antecedência, de modo que sua realização ocorra interferindo o menos possível no sistema de recalque de que a bomba centrífuga faz parte.

### **2.6.3 Manutenção predial não planejada corretiva**

A manutenção corretiva, sem programação, é a que acontece quando a falha num SPHS já ocorreu. PCM (2000) esclarece que esta forma de manutenção é a que mais causa danos aos equipamentos e componentes de um sistema. Apesar disto, ela pode ocorrer mesmo quando o sistema predial dispõe de manutenção planejada, preventiva ou corretiva. Prado (2000) esclarece que a manutenção corretiva é realizada com a finalidade de corrigir alguma anomalia e ainda atingir um determinado nível de desempenho.

A forma de intervenção é específica para cada caso, em função do tipo de problema envolvido e dos remanejamentos necessários. Esta forma de manutenção não é previamente planejada, como no caso da preventiva, porém pode ser evitada sempre que a edificação dispõe de uma manutenção preventiva eficiente.

Tannous (2003) conceitua manutenção corretiva como o conjunto de correções necessárias para sanar as falhas ocorridas em um processo ou sistema, acrescentando que geram maiores custos, retrabalho e transtornos aos usuários.

Geralmente a ausência de manutenção preventiva acarreta necessidade de manutenção corretiva.

Uma forma positiva de lidar com a manutenção corretiva está na execução de correções programadas, necessárias à melhoria de desempenho dos SPHS. Neste caso, normalmente são estabelecidas as quantidades admissíveis de horas de não atendimento aos usuários, conseqüentes de adaptação ou substituição, nível de redução de consumo, etc.; enfim, uma seqüência de melhorias que contribuem para manter o desempenho do edifício sem causar problemas em demasia aos usuários.

Esta modalidade de manutenção corretiva programada geralmente contribui para aumentar a confiabilidade do componente ou equipamento em questão. Aqui se deve entender por confiabilidade a avaliação da probabilidade de um sistema executar adequadamente sua função por um determinado período de tempo. Este conceito visa a operação segura e satisfatória de um sistema predial para atender às exigências dos usuários.

A programação permite o estabelecimento dos períodos de parada e de utilização do sistema ou componente sem causar maiores prejuízos, evitando a ocorrência de falhas em componentes já bastante solicitados. Esta variante da manutenção corretiva, portanto, tem por finalidade permitir a substituição de componentes para a melhoria de desempenho dos SPHS e evitar que sua situação evolua para a necessidade de manutenção de urgência ou emergência.

Esta segunda modalidade de manutenção corretiva, não programada, de urgência ou de emergência, é aquela onde ocorre a falha de um componente independente de ter sido realizado algum procedimento de manutenção, quer preventiva ou corretiva programada.

Neste caso, a ocorrência da falha está vinculada a fenômenos aleatórios que, ocorridos pela primeira vez, passam a ser objeto de inclusão nas rotinas de manutenção dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários (TANNOUS, 2003).

Para Prado (2000), a manutenção de urgência é aquela conduzida nos casos de acidentes e compreende os serviços realizados para a correção imediata de danos por eles causados.

Ressalte-se que alguns pontos de uma edificação de concepção convencional estão mais sujeitos a problemas de caráter emergencial por não permitirem fácil acesso ou verificações freqüentes, a exemplo de tubulações enterradas, embutidas em paredes e instaladas dentro de rebaixos de lajes em edifícios de construção mais antiga (Figura A.6).

Em casos como estes, os serviços de reparo costumam requerer um estudo prévio ou pesquisa da origem do problema, demandando períodos mais extensos e continuados de manutenção, que acabam por acarretar paralisações parciais ou totais no atendimento aos usuários, em seu prejuízo.

Uma forma de evitar tais situações está na concepção do projeto de novas edificações ou, dentro do possível, na adaptação ou modernização de construções existentes, de modo a conferir a maior acessibilidade possível aos componentes dos SPHS. São alguns exemplos: recobrir sub-ramais de água fria e quente e ramais de descarga de aparelhos sanitários com carenagens apropriadas, correr tubulações horizontais internas dentro de forros falsos, de sancas (rodapés) e de rodapés acessíveis, próprios para essa finalidade, alojar as tubulações verticais dentro de dutos inspecionáveis (*shafts*), transferir tubulações externas enterradas para o interior de canaletas com tampas removíveis, situações ilustradas nas Figuras 2.21 e 2.22.



Figura 2.21 - Tubulações acessíveis alojadas dentro de carenagem (esq.), sanca (centro) e rodapé (dir.)

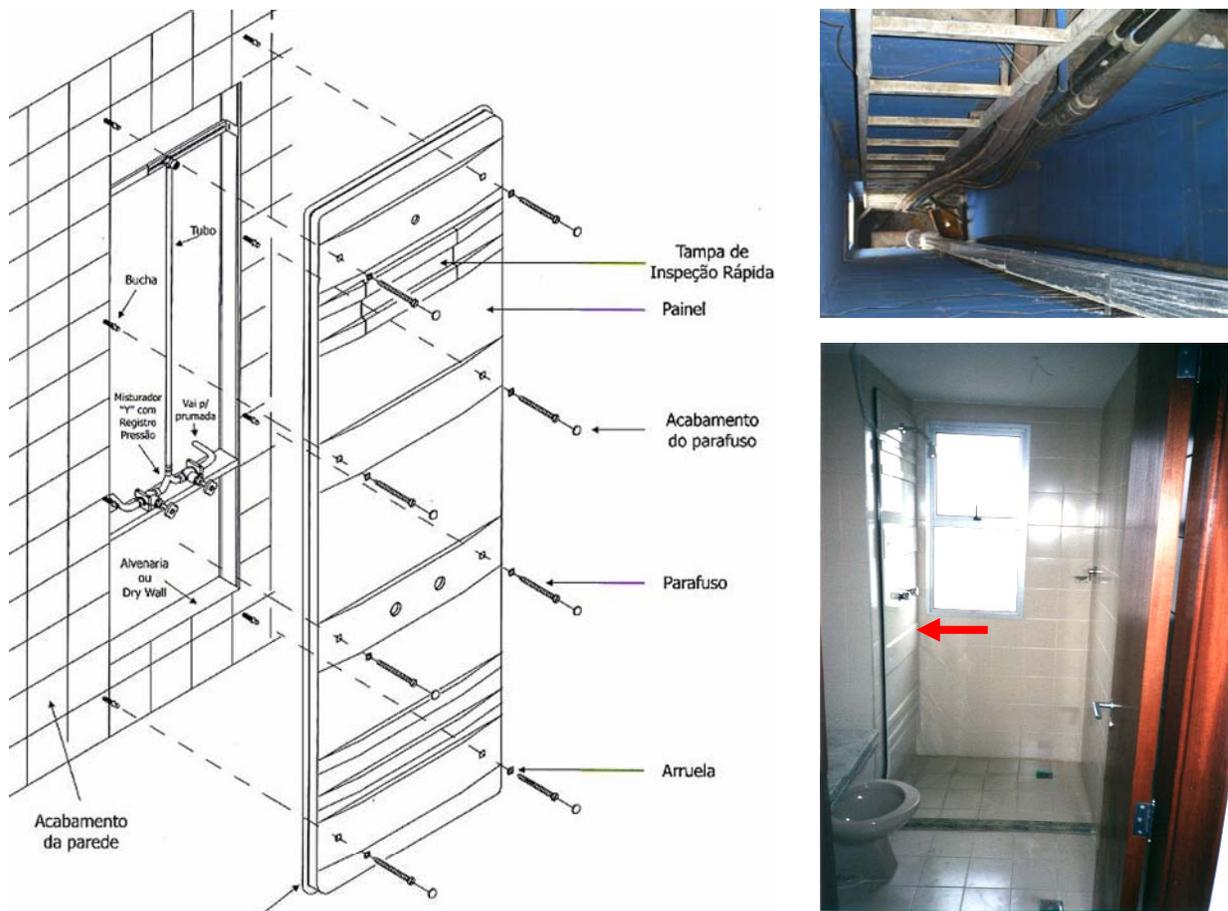


Figura 2.22 – Tampa removível de fibra para *shaft* em box de chuveiro (esq. / inf. dir. – Fonte: Catálogo ASTRA, 2006) e galeria vertical com escada de acesso (sup. dir)

Neste sentido, espaços técnicos destinados aos SPHS, como casas de bombas e barriletes, quando exíguos, também constituem dificuldade de acesso para operação de manutenção em caráter emergencial. Barriletes sob reservatórios elevados de edifícios verticalizados antigos com gabarito livre de apenas 0,50 m ou 0,60 m constituem exemplos frequentes (figura 2.23).



Figura 2.23 – Dificuldades de acesso para manutenção emergencial pela exigüidade de espaço para SPHS

## 2.6.4 Aspectos econômicos da manutenção predial

A previsão da vida útil tem importância na estimativa dos custos de manutenção e na frequência de reparos ou de reposição de componentes essenciais para a previsão do custo final de uma edificação e seus subsistemas. Este é constituído pelo custo inicial da construção acrescido dos custos de manutenção e de reposição de componentes ao longo da sua vida útil.

Do ponto de vista econômico, todas as medidas visando à durabilidade, quando tomadas em nível de projeto, são sempre mais convenientes, seguras e baratas que medidas protetoras tomadas posteriormente.

Quando uma dada edificação possui um plano de manutenção e ele é regularmente obedecido na forma de manutenções planejadas preventivas ou preditivas, ou mesmo na forma de manutenções corretivas planejadas, tal procedimento geralmente resulta em enormes benefícios financeiros para os seus proprietários e usuários.

Neste contexto, é interessante notar que existe um nível ótimo de manutenção a proporcionar aos SPHS do edifício. Este deve corresponder ao valor mínimo do custo total verificado com a manutenção e reposição ou recuperação (Figura 2.24) e do máximo benefício resultante do investimento realizado (Figura 2.25).

No gráfico da Figura 2.24, a curva A (custos totais), em cada ponto da abscissa, resulta da soma das respectivas ordenadas das curvas B (custos de manutenção) e C (custos de reposição). A linha vertical tracejada, correspondente ao custo total mínimo no gráfico da Figura 2.24. Esta linha tracejada se prolonga em direção ao gráfico da Figura 2.25 a ele alinhado e indica neste o nível de manutenção ótimo a proporcionar aos sistemas prediais hidráulicos e sanitários do edifício. Este valor corresponde à melhor relação custo-benefício, pois reflete a maior diferença gráfica entre a ordenada da curva E (economia com a manutenção) e a respectiva ordenada da curva F (custo da manutenção).

A este respeito, na composição da curva E para os SPHS de uma dada edificação, entra a estimativa de custos com as correspondentes patologias, em termos de um balanço entre o quanto se deve despende com intervenções preventivas e o quanto se gastaria se as possíveis patologias viessem a se manifestar.

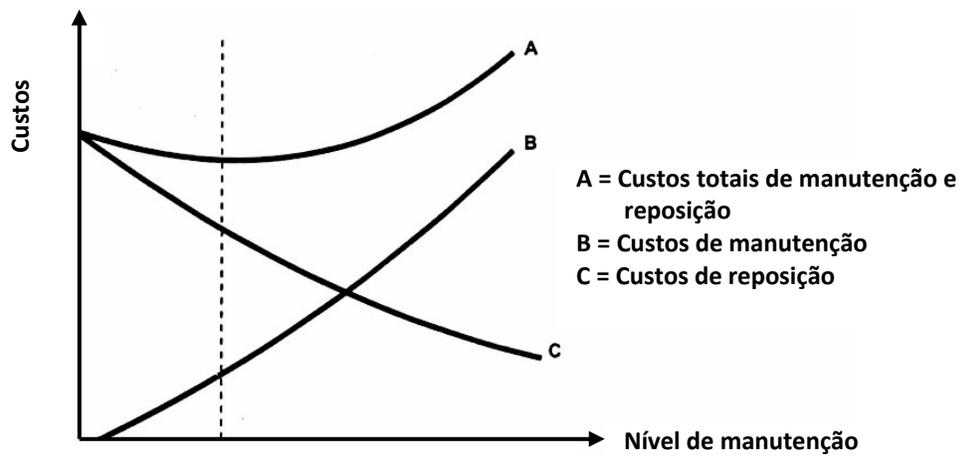


Figura 2.24 – Nível ótimo de manutenção que minimiza os custos totais (Fonte: MARCELLI, 2007)

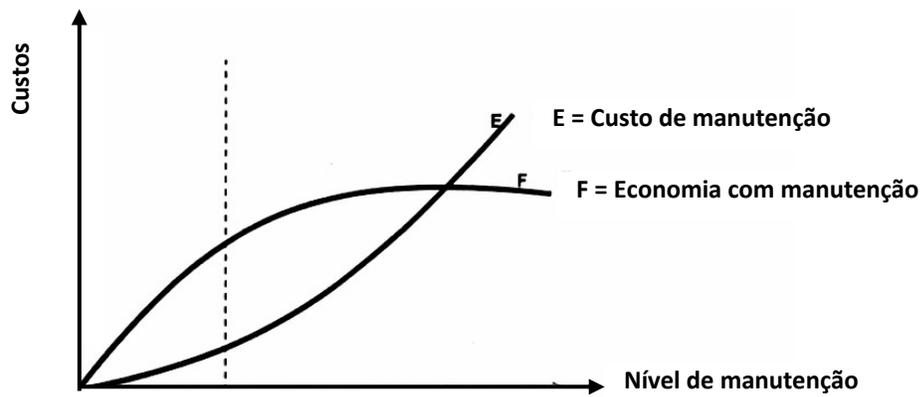


Figura 2.25 – Nível ótimo de manutenção que maximiza os benefícios (Fonte: MARCELLI, 2007)

Os custos de intervenção crescem exponencialmente para atingir determinado nível de durabilidade e proteção e serão tanto maiores quanto mais tarde ocorrer a intervenção. A evolução desse custo pode ser associada a uma progressão geométrica de razão cinco, por isto mesmo conhecida por “Lei dos Cinco” ou Regra de Sitter, mostrada na Figura 2.26.

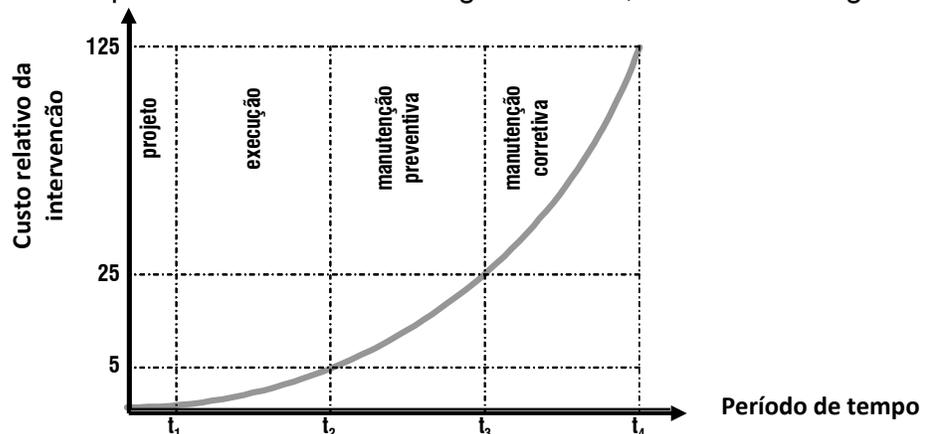


Figura 2.26 – “Lei dos Cinco” ou Regra de Sitter (Fonte: SANTOS e BEBER, 2007)

Este gráfico apresenta a evolução do custo relativo de intervenção num SPHS em quatro diferentes fases: projeto, execução, manutenção preventiva e manutenção corretiva.

#### a) Fase de projeto:

Toda medida tomada em fase de projeto com o objetivo de aumentar a proteção e durabilidade dos componentes de um SPHS implica em custo associado ao valor relativo 1. Como exemplo está a decisão de projeto de envolver com mantas geotêxteis as valas drenantes do sistema de drenagem permanente do subsolo de um edifício verticalizado, preventiva contra elevação do nível do lençol freático. Esta decisão resulta na elaboração de detalhe específico (Figura 2.27) nos desenhos do projeto e em lançamento correspondente na lista de materiais.

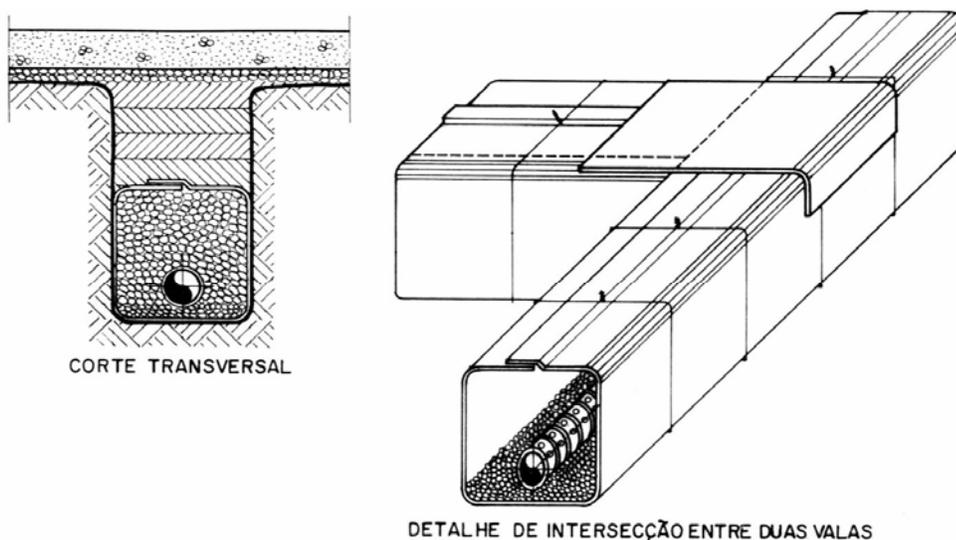


Figura 2.27 – Valas drenantes dotadas de mantas geotêxteis envolventes

#### b) Fase de execução:

Uma medida tomada durante a execução, não prevista em projeto, incluindo nesse período a obra recém construída, implica num custo relativo cinco vezes superior ao custo incorrido caso esta medida tivesse sido tomada na fase de projeto para se obter o mesmo resultado (custo relativo associado ao valor 5). Como exemplo está a decisão, de obra, de envolver com mantas geotêxteis, não previstas em projeto, as valas drenantes do sistema de drenagem do subsolo preventiva contra elevação do nível de lençol freático. Neste caso, o acréscimo de custo pode decorrer, por exemplo, de atraso imprevisto no cronograma por conta da execução dessa decisão na presente etapa.

### c) Fase de manutenção preventiva:

As operações isoladas de manutenção, necessárias para assegurar as boas condições dos SPHS da edificação durante a sua vida útil, podem custar até 25 vezes mais que medidas corretas tomadas na fase de projeto. Por outro lado, podem ser 5 vezes mais econômicas do que aguardar a ocorrência de patologias evidentes que demandem uma manutenção corretiva. Como exemplo está a decisão, após o término da obra, de escavar preventivamente todas as valas drenantes existentes, remover o meio drenante (tubos-dreno perfurados e britas) e instalar as mantas geotêxteis antes que sofram colmatação. Este fenômeno consiste no processo de gradual entupimento dos vazios entre as britas das valas por material fino particulado de solo carregado por percolação da água aí drenada. Depois resta refazer o meio drenante, fechar as valas e reconstituir o piso do subsolo.

### d) Fase de manutenção corretiva:

Corresponde aos serviços de diagnóstico, regulagem, substituição, reparo e proteção de componentes dos SPHS das edificações que apresentam manifestações patológicas evidentes. A estas atividades pode-se associar um custo 125 vezes superior ao custo das medidas que poderiam (e deveriam) ter sido tomadas durante a etapa de projeto e que implicariam em um mesmo nível de durabilidade. Um exemplo está em realizar o mesmo procedimento descrito no exemplo do item c) depois que o poço de recalque de drenagem apresentar partículas finas de solo em suspensão e também material decantado obstruindo o funcionamento das bombas submersas de recalque (Figura 2.28).



Figura 2.28 – Presença de partículas finas de solo em suspensão dentro do poço de drenagem do subsolo indicativas da inexistência de mantas geotêxteis envolventes às valas

Outro exemplo está em só realizar o mesmo procedimento descrito no exemplo do item c) depois que ocorrer permanente afloramento de água de lençol freático no piso do subsolo, indicando a total colmatação dos vazios das valas drenantes (Figura 2.29).



Figura 2.29 – Afloramento de água de lençol no piso do subsolo devido à colmatação das valas drenantes

Em ambos os casos exemplificados o custo se multiplica pela necessidade de limpeza de material particulado depositado no fundo do poço de drenagem, necessidade de reparo nas bombas submersas de drenagem, cujos motores e selos mecânicos se danificam ao operarem em vazio, sem auto-resfriamento, necessidade de promover lavagem do meio filtrante com água em abundância para remoção da colmatação, etc.

## 2.7 Conceituação e taxonomia de patologias em SPHS

O CIB (1993, p. 2) define patologia construtiva simplesmente como o “tratamento sistemático de defeitos das edificações, suas causas, conseqüências e remediações”.

Lichtenstein (1985, p. iii), sob uma visão de desempenho, conceituou patologia das construções como “ciência que estuda as origens, causas, mecanismos de ocorrência, manifestações e conseqüências das situações em que os edifícios, ou suas partes, não apresentam um desempenho mínimo estabelecido”.

O IBAPE-SP (2002, p. 17), por sua vez, entende por patologia das construções o “estudo que se ocupa da natureza das modificações estruturais e/ou funcionais, produzindo anomalias construtivas”, ou seja, “irregularidades ou anormalidades naturais ou funcionais, endógenas ou exógenas” (à edificação) (IBAPE-SP, 2002, p. 2).

Portanto, patologia construtiva tanto pode ser entendida como o problema construtivo em si quanto a ciência que estuda esta categoria de problemas.

### **2.7.1 Taxonomia das patologias em SPHS quanto à natureza**

No meio técnico ainda impera a falta de uniformidade no emprego de termos frequentes no âmbito das patologias construtivas, em que se insere o estudo das patologias nos SPHS. Termos que traduzem conceitos técnicos distintos, uns de aceção mais abrangente que outros, têm sido indevidamente empregados como sinônimos, dando margem a certa confusão. Na literatura específica uma patologia construtiva tem sido indistintamente referida como problema, anomalia, defeito, falha, dano, avaria, etc. Em âmbito judicial é comumente empregado para ela o termo “vício” ou “vício construtivo”.

Isto ocorre apesar da iniciativa em padronizar, através da ABNT, tais vocábulos nas definições de terminologia presentes em normas técnicas relacionadas ao tema, a exemplo da NBR 5674:1999 (ABNT, 1999a), NBR 13531:1995 (ABNT, 1995b), NBR 13752:1996 (ANBT, 1996) e NBR 15575-1:2008 (ANBT, 2008a). Com o mesmo intuito, o IBAPE-SP emitiu um glossário específico (IBAPE-SP, 2002). Curiosamente, este mesmo fato ocorre em outros países, como os europeus, especialmente para os quais o CIB (1993) se viu na contingência de também estabelecer uma padronização de terminologia.

Para efeito de uma melhor compreensão das diferentes categorias de patologias que frequentemente acometem os SPHS das edificações, adiante apresentadas, com vistas ao estabelecimento de diretrizes para o método hierarquizado e entendimento dos métodos usuais empregados em patologias construtivas em geral, assunto do próximo capítulo, faz-se necessário definir alguns desses termos, doravante utilizados neste trabalho. Isto, apesar de haver algumas divergências entre autores que tratam do assunto. Gomide, Fagundes Neto e Pujadas (2006) entendem que um problema físico ou patologia numa edificação pode ser de duas naturezas distintas: uma *anomalia* e suas várias categorias ou uma *falha* e suas variantes, a seguir definidas.

#### **a) anomalia**

Para a ABNT (1996) e o IBAPE-SP (2002, 2007) anomalia genericamente é qualquer irregularidade, anormalidade, exceção à regra. Gomide, Fagundes Neto e Pujadas (2006) explicam que anomalia é o desvio da normalidade, caracterizando uma irregularidade.

Segundo estes autores, uma anomalia pode se apresentar na forma de sintoma, lesão, defeito ou manifestação patológica (perceptível pelos sentidos); desta forma, um defeito e uma patologia manifesta constituem anomalias. Neste mesmo sentido, o CIB (1993, p. 22) conceitua por anomalia a “indicação de um possível defeito (*defect*) ou problema diretamente visível ou mensurável”.

Gomide, Fagundes Neto e Pujadas (2006) esclarecem que, quando relacionada a problema de ordem construtiva decorrente de projeto, especificação de materiais e componentes e execução, a anomalia é classificada como *endógena*. Em particular, se a anomalia endógena é constatada durante a vigência do prazo de garantia legal, recebe o nome de “anomalia construtiva”. Disto se conclui, segundo eles, que nem toda patologia construtiva é uma anomalia construtiva.

Um exemplo de anomalia endógena nos SPHS está no transbordamento freqüente de uma calha de beiral, ilustrada à esquerda na Figura 2.29, equivocadamente dimensionada para coletar chuva de projeto incidente no sentido vertical, cuja área de contribuição se limita à projeção da superfície do respectivo telhado no plano horizontal. Ocorrendo chuva intensa impelida pelo vento segundo um ângulo em relação à vertical na proporção de 2:1, previsto pela NBR 10844:1989 (ABNT, 1989), conforme a Figura 2.30 à direita, as áreas das empenas cegas de edifícios contíguos indicadas por A1 e A2 passam também a contribuir expressivamente para a calha, que não suporta conduzir essa vazão adicional e acaba por transbordar.

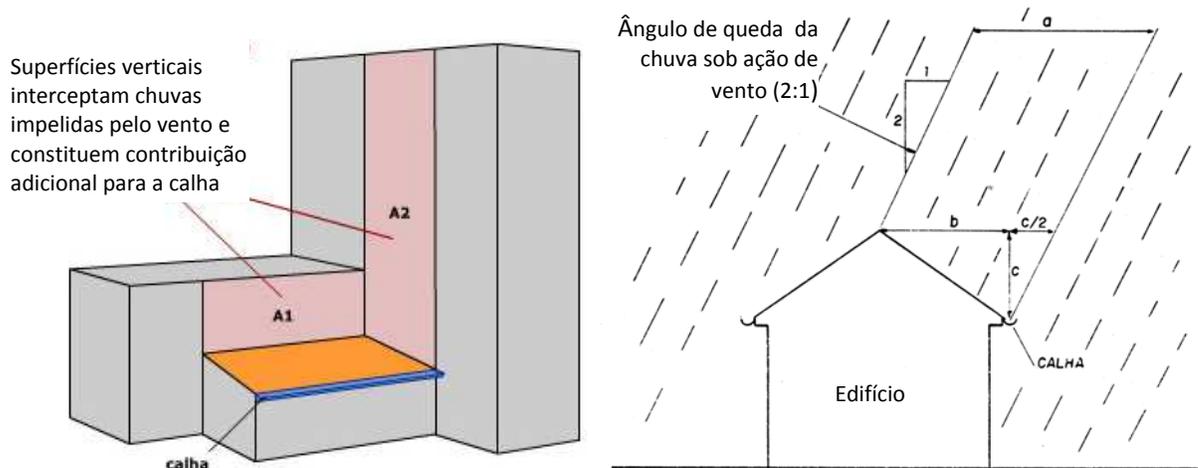


Figura 2.30 – Exemplo de anomalia endógena: transbordamento de calha pela desconsideração da contribuição adicional de áreas verticais adjacentes à área de projeção horizontal sob chuva impelida pelo vento (Fonte: ALTOQI, [2006]).

Neste caso, a anomalia (o transbordamento frequente da calha) é considerada endógena, porquanto inerente ao próprio sistema defectivo, em razão de equívoco na concepção do projeto e conseqüente erro no dimensionamento da calha.

Por outro lado, quando vinculada a problemas relacionados a danos causados por terceiros, a anomalia é dita *exógena*. Neste caso, se os danos decorrerem de causas de agentes naturais (ação de intempéries, variações higrotérmicas, incidência de radiação solar, etc.), a anomalia exógena é classificada como “anomalia natural”. A Figura 2.31 exemplifica esta categoria de anomalia, evidenciando o esbranquiçamento superficial indicativo do processo de degradação de um tubo de PVC marrom soldável exposto diariamente à radiação solar, quando comparado a um trecho de tubo mais novo, com cor próxima da original.



Figura 2.31 – Exemplo de anomalia exógena natural: reparo de vazamento na base de tubo de PVC marrom exposto à radiação solar direta sofrendo degradação, esbranquiçamento e fissuramento.

Quando o dano provém de agentes de degradação dos sistemas e seus elementos constituintes, através da interferência do meio, transcurso de tempo ou uso, é dita “anomalia funcional”. Este é o caso do processo de corrosão por pite que acomete tubos de ferro fundido e aço galvanizado, em que um agente de degradação é o oxigênio presente no ar dissolvido na forma de diminutas bolhas na água conduzida (Figura 2.32).



Figura 2.32 – Exemplo de anomalia exógena funcional: corrosão por pite em tubos de ferro fundido e de aço

### **b) vício**

Para o IBAPE-SP (2002, p. 25; 2007, p. 32), vício é uma “anomalia que afeta o desempenho de produto ou serviço, ou os torna inadequados aos fins a que se destinam, causando transtornos ou prejuízos materiais ou financeiros a outrem.” Por serem em essência anomalias, com nome especial em razão de suas conseqüências, os vícios podem decorrer de problemas de projeto, de execução ou ainda de informação defeituosa sobre sua utilização ou manutenção.

Grandiski (2007b) esclarece que vícios construtivos são os problemas construtivos que causam prejuízo material a terceiros e implicam em gastos financeiros para repará-los. Para ele, sob a égide do Código de Defesa do Consumidor (BRASIL, 1990), um vício resulta em mau funcionamento ou não funcionamento do produto, ou corresponde a uma quantidade de produto fornecida em desacordo com o contrato e que, de uma maneira geral, afeta o bolso do consumidor, sem, entretanto, afetar a sua segurança.

Os problemas construtivos comuns constituem os vícios construtivos citados na seção III do CDC. Os problemas construtivos de um tipo especial, que afeta - ou ameaça afetar – a segurança do consumidor, cujo principal componente é a sua saúde, citados na seção II do CDC, são considerados "defeitos" (GRANDISKI, 2010), adiante explicados.

Os vícios construtivos podem ser divididos em dois grupos: os aparentes e os ocultos. Os *vícios aparentes* constituem problemas construtivos ostensivos, facilmente detectáveis até mesmo por leigos em construção civil, a exemplo do deságue indevido de extravasor de reservatório superior, desprovido de tubulação de aviso de extravasão, diretamente sobre calha coletora de água pluvial de telhado, situação mostrada na Figura 2.33.

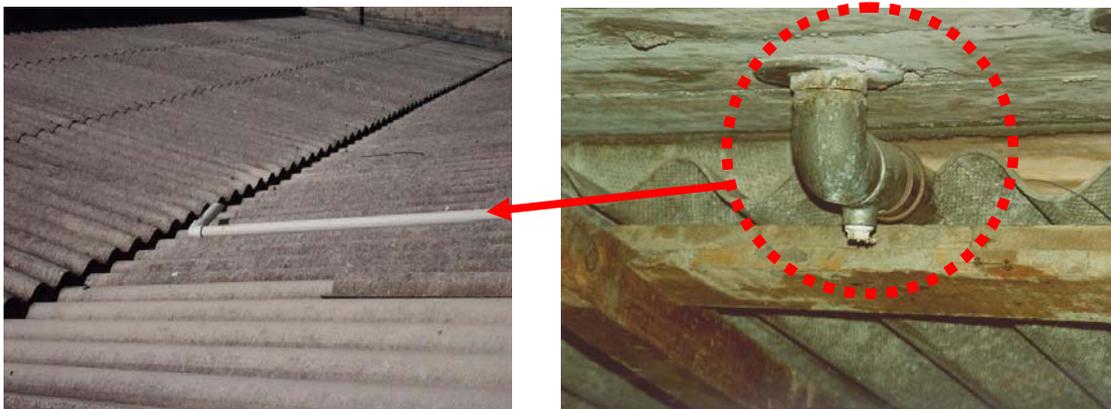


Figura 2.33 – Exemplo de vício aparente: deságue direto de tubo extravasor desprovido de tubulação de aviso

Neste exemplo, ocorrendo falha na chave de bóia que comanda o desligamento das bombas de recalque de água potável, geralmente alojadas em local remoto e isolado no subsolo do edifício, estas passarão a operar continuamente, sem que tal fato seja percebido de imediato. Isto causará prejuízos com o desperdício de energia elétrica, com a água potável extravasada e com o desgaste desnecessário da bomba em funcionamento. Uma solução está na instalação de uma tubulação de aviso de extravasão de pequeno diâmetro, derivada em ponto adequado do tubo extravasor desse reservatório, de sorte a desviar parte da água extravasada para um local conveniente do edifício, com presença ou circulação frequente de pessoas, tal como sugerido na Figura 2.34.

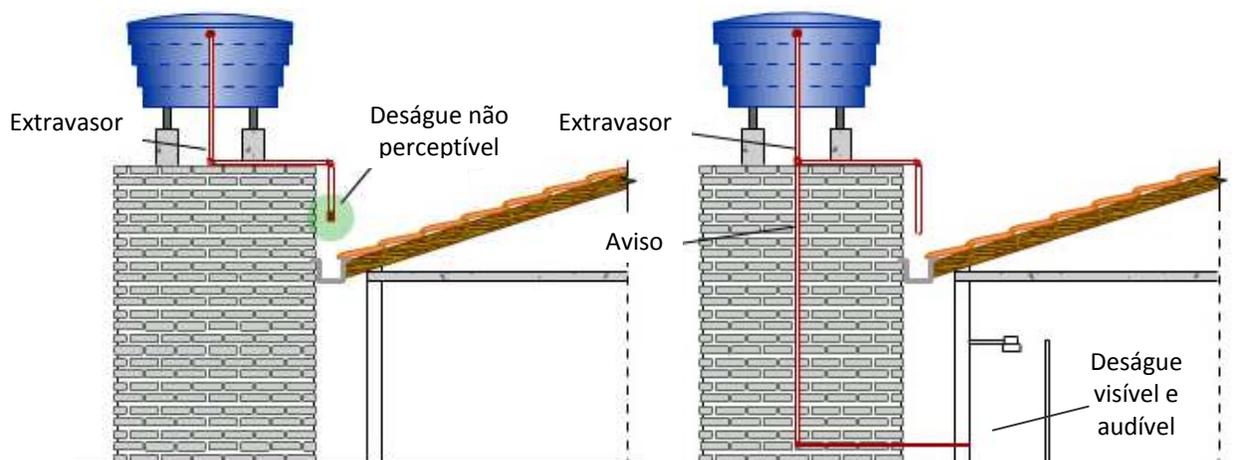


Figura 2.34 – Deságüe livre de extravasor de reservatório elevado (Fonte: ALTOQI, [2005]).

Este é um exemplo de vício construtivo aparente porque afeta o desempenho do sistema de recalque do edifício, suas consequências implicam em prejuízo financeiro e é perceptível em simples vistoria ao telhado (pouco provável) ou à casa de bombas.

Em contrapartida aos vícios aparentes, os *vícios ocultos* são os problemas que, no ato da entrega, ou ainda inexistem ou são apenas perceptíveis por especialistas, ou ainda os que surgem ou só são detectáveis depois da entrega do edifício.

Seguem na Figura 2.35 exemplos de vícios ocultos: centrais reductoras de pressão de dois edifícios de múltiplos pavimentos dotadas de uma única válvula redutora de pressão, com tubulação em *by pass* contendo um registro de gaveta em lugar de uma segunda válvula sobressalente. A foto à esquerda revela inexistência de registro para dreno e flange de limpeza do filtro Y inacessível, requerendo trabalhosa desmontagem das uniões a cada operação de retirada da tela interna para a necessária limpeza periódica (dir.). A foto do centro mostra inexistir filtro Y a montante da válvula redutora de pressão.

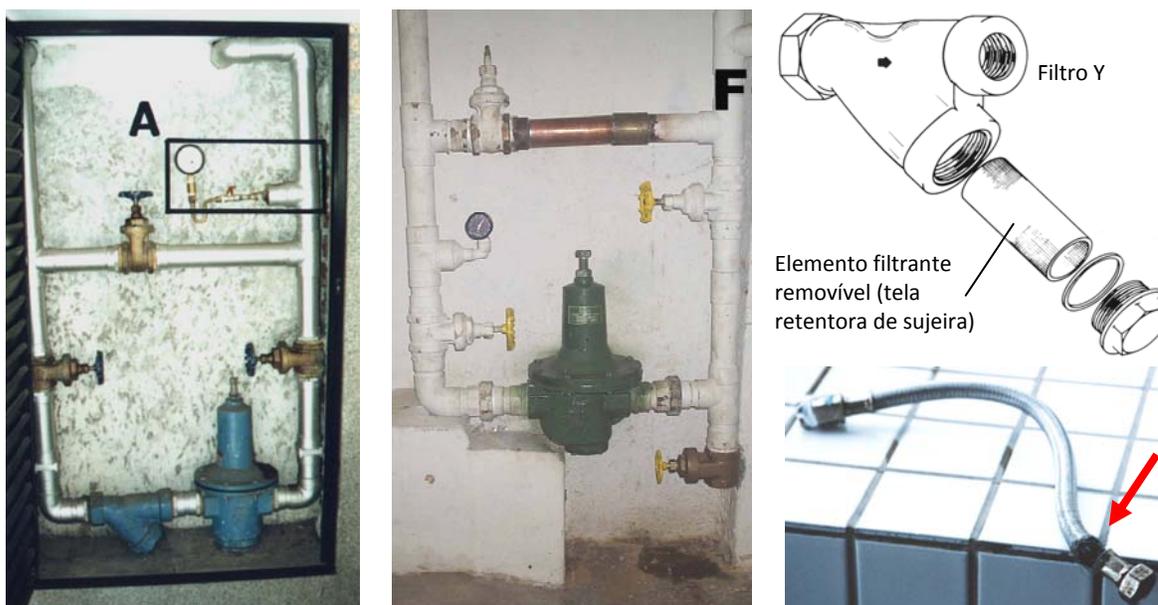


Figura 2.35 – Exemplos de vícios ocultos: irregularidades diversas em centrais reductoras de pressão

Nos exemplos da figura, sempre que a válvula redutora de pressão é inativada para manutenção, inexistindo em *by pass* uma segunda válvula de idênticas características para substituí-la, a continuidade do abastecimento à rede de distribuição de água fria a jusante, durante o tempo requerido para tanto, será feita com a abertura parcial e inapropriada do registro de gaveta instalado em seu lugar. Este, com a pretensão de estrangular o escoamento e precariamente introduzir uma perda de carga localizada para a redução da pressão. Com isto, durante esse lapso de tempo, que pode se prolongar por até alguns dias, durante períodos de ausência de fluxo no registro de gaveta, a rede de distribuição a

jusante ficará submetida à pressão estática integral, que ultrapassa o valor máximo admissível para os componentes. Os mais sensíveis, como os engates flexíveis (à direita na Figura 2.35), poderão romper e ocasionar vazamentos com sérias consequências.

Em relação à existência de filtro Y e acessibilidade ao elemento filtrante para limpeza ou troca periódicas, este componente é necessário para reter pequenas partículas porventura arrastadas pela água em escoamento. São exemplos grãos de areia, grãos de ferrugem desprendidos de tubulações de aço em processo de corrosão, etc., para impedir que obstruam o orifício de seção variável existente no interior da válvula redutora de pressão. Em consequência, esses equipamentos periodicamente requerem manutenção.

Estes exemplos caracterizam vícios ocultos porque requerem conhecimentos especializados para a sua percepção, principalmente enquanto ainda não manifestas as correspondentes consequências. Além disto, a saturação do elemento filtrante, quando existir o filtro Y, ou a obstrução do orifício da única válvula redutora de pressão só ocorrerão em época bem posterior à entrega do edifício.

Uma variante dos vícios ocultos são os chamados *vícios redibitórios* (de “redibir” = anular), aqueles que diminuem o valor do bem, ou o tornam impróprio para o uso a que se destina, se presentes no ato da venda. Se eles fossem do prévio conhecimento do adquirente, inviabilizariam a compra ou ensejariam um abatimento do valor pago (IBAPE-SP, 2002, 2007). Grandiski (2007b) explica que, na existência de vícios redibitórios, o Código Civil em vigor (BRASIL, 2002) permite a anulação (“redibição”) do contrato mediante devolução do bem afetado, cabendo simultâneo pedido de ressarcimento por perdas e danos. Portanto, para ser considerado redibitório, um vício já deve existir por ocasião da transação ocorrida. O atual Código Civil (BRASIL, 2002) inclui como redibitório o “vício que, por sua natureza, só puder ser reconhecido mais tarde”, mas ele deve ser suficientemente grave para justificar a anulação do contrato.

A exemplificação de um vício (oculto) redibitório está na instalação, numa edificação com sistema de geração central coletiva de água quente, de válvulas redutoras de pressão com corpo de ferro fundido em central redutora de pressão de água quente. Submetidas a condições impróprias de exposição, as válvulas se degradam em poucos anos, em razão de severo processo de corrosão interna, deixando de operar adequadamente (Figura 2.36).



Figura 2.36 – Exemplo de vício redibitório: corrosão prematura de válvulas redutoras de pressão de ferro fundido instaladas em central redutora de pressão de água quente

É evidente que este exemplo testifica inexistência de manutenção preventiva, mas configura vício redibitório, uma vez que, de um lado, a especificação de material inadequado para suportar a ação corrosiva da água quente ocorreu antes da entrega do edifício. Esta só progrediu depois de ocupado o edifício, na medida da utilização da água quente, e se manifestou decorridos alguns anos. Por outro lado, a deficiência de abastecimento de água quente aos apartamentos atingidos prejudicou o funcionamento do sistema e reduziu o valor comercial do bem.

Certamente, adquirentes iniciais dos apartamentos afetados teriam solicitado um abatimento se então soubessem que em curto prazo teriam deficiências funcionais no respectivo abastecimento de água quente, que culminaria no ônus da aquisição de novos equipamentos para redução de pressão, desta feita de material a ela resistente e de custo elevado, a exemplo de válvulas redutoras com corpo de latão ou de bronze.

### **c) defeito**

Sob o conceito de desempenho e de forma ampla, o CIB (1993) conceitua defeito (*defect*) como a situação em que um ou mais componentes de uma edificação ou subsistema dela não desempenham as funções pretendidas ou a que se destinam.

Em sentido diverso, a norma NBR 13752:1996 (ABNT, 1996, p. 3) define defeito como uma “anomalia que pode causar danos efetivos ou representar ameaça potencial de afetar a saúde ou segurança do dono ou consumidor, decorrente de falha do projeto ou execução de um produto ou serviço, ou ainda de informação incorreta ou inadequada de sua utilização ou manutenção”. A mesma definição dá o IBAPE-SP (2002, p. 7; 2007, p. 23).

Segundo Grandiski (2007), qualquer anomalia que represente um risco potencial à saúde ou segurança numa edificação é um “defeito construtivo”. Este autor exemplifica indicando que, ao se percutir com um bastão o revestimento do teto de um ambiente construído, nota-se a inexistência de descolamento em consequência do som emitido não ser cavo; neste caso, pequenas fissuras ali percebidas são consideradas simples vícios construtivos. No entanto, se o som emitido for cavo em ampla área desse teto, fica caracterizado o descolamento do revestimento, representando um risco potencial de queda, ameaçando a integridade (saúde e/ou segurança) dos ocupantes; neste caso, tem-se um “defeito construtivo”.

Relevante notar no exemplo citado que o fato ainda não ocorreu, ou seja, o revestimento em parte descolado do substrato ainda não se projetou e muito menos atingiu qualquer pessoa, mas é considerado uma patologia intrínseca, na forma de um risco potencial ou simplesmente “defeito construtivo”.

Nesta categoria de problemas construtivos estão as *patologias potenciais* (riscos potenciais) dos SPHS que constituem ameaça à vida, segurança ou saúde dos usuários, tais como as vinculadas ao sistema predial de distribuição de gás combustível. A Figura 2.37 traz um exemplo de defeito construtivo: a existência de trecho de tubulação de distribuição de gás combustível, identificada pela cor amarela padronizada, correndo dentro de forro falso, desprovida de tubo-luva ou duto-luva adequado, ventilado nas extremidades.



Figura 2.37 – Exemplo de defeito construtivo: tubulação de gás dentro de forro falso desprovida de tubo-luva

Em caso de eventual futuro vazamento de gás dessa tubulação, por exemplo, decorrente de processo de corrosão, o gás comporá uma mistura inflamável com o oxigênio presente no ar existente dentro do forro. Se a proporção entre gás e ar ficar dentro de uma faixa ampla e bem definida (entre os limites inferior e superior de flamabilidade), havendo uma fonte de ignição, tal como eletricidade estática em dias secos, faísca em soquete de luminária embutida, etc., ocorrerá a inflamação do gás e conseqüente explosão.

Note-se nas fotos da Figura 2.37 a presença de eletrodutos plásticos flexíveis (de cor preta) dentro do mesmo forro falso. Havendo algum ponto de acesso (emenda, ponto terminal, etc.) a mistura potencialmente inflamável gás-ar adentrará o eletroduto. Em se tratando de gás natural (densidade relativa ao ar = 0,6) a tendência ascensional fará com que seja conduzido para as porções mais elevadas, ao passo que, tratando-se do GLP (densidade relativa ao ar = 1,8), este tenderá a encaminhar-se para as partes mais baixas dentro do eletroduto. Em um ou outro caso, a mistura inflamável, percorrendo o interior do eletroduto, terá possibilidade de atingir, por exemplo, um ponto de interruptor ou tomada, que poderá ser a fonte de ignição.

A solução indicada para tal situação está no chamado encamisamento da tubulação existente, envolvendo-a completamente por um tubo-luva, uma tubulação de diâmetro relativo avantajado, dotado de aberturas de ventilação permanente inferior e superior voltadas para o exterior, de modo a propiciar ventilação cruzada interna e permitir livre escape de gás que porventura venha a vazar.

Outra alternativa para a solução da patologia exemplificada, mais frequente que a anterior, está no envolvimento da tubulação de gás por duto-luva, geralmente constituído de chapa galvanizada dobrada e soldada, igualmente dotada de aberturas de ventilação nas extremidades, tal como ilustra a Figura 2.38.

Portanto, no exemplo acima, apresentado em termos condicionais, ou seja, hipotéticos ou conjecturais, porém amparados em possibilidades reais, tem-se um defeito construtivo, uma vez que, por ocasião da inspeção, nenhum indício de vazamento foi percebido. Entretanto a patologia potencial existe, ou seja, há um risco potencial subjacente na situação constatada, que deixa em algum grau de vulnerabilidade o edifício e seus ocupantes, representando permanente ameaça à sua segurança e/ou saúde.

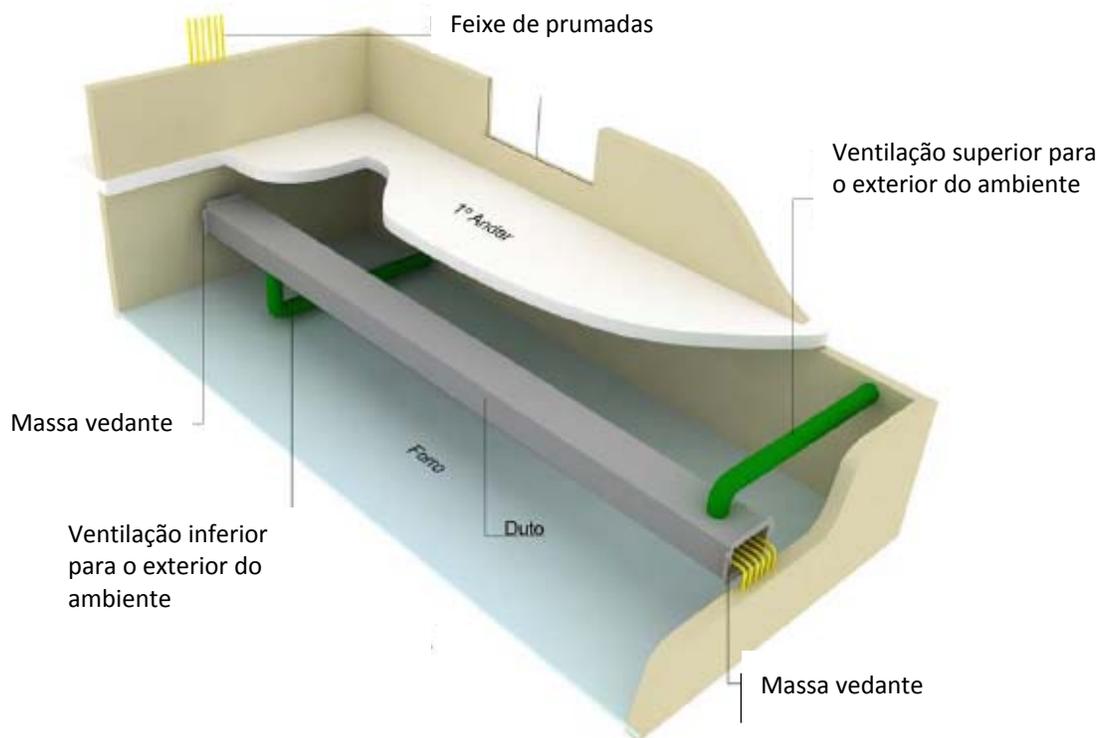


Figura 2.38 – Envolvimento de feixe de tubos de gás correndo dentro de forro falso com duto-luva ventilado (Fonte: COMGAS, 2009)

Nesta mesma categoria de patologias (defeitos construtivos) se situam aquelas associadas ao risco de patogenias, ou seja, risco de disseminação de doenças de veiculação aérea ou hídrica através dos SPHS. Por sua relevância no estudo das patologias em SPHS, as patogenias a elas associadas são objeto de estudo específico neste trabalho (em 2.7.3).

#### **d) dano**

Segundo o IBAPE-SP (2002, p. 7), dano é o “prejuízo causado a outrem pela ocorrência de vícios, defeitos, sinistros e delitos, entre outros”. Em concordância com esta conceituação, o CIB (1993) define dano como a consequência de um defeito, degradação ou falha, porém expressa em termos de custo. Neste mesmo sentido, o próprio IBAPE-SP (2007, p. 23), transcrevendo definição da ABNT (1996, p. 3), complementa esta definição, entendendo ainda como uma “ofensa ou diminuição do patrimônio moral ou material de alguém, resultante de delito extracontratual ou decorrente de instituição de servidão”.

Grandiski (2007) esclarece que, na área da construção civil, dano é entendido como toda consequência provocada por problemas construtivos, ao passo que na esfera judicial é considerado de forma ampla como qualquer lesão causada a um bem jurídico. Deste modo, um dano compreende diminuição do patrimônio (dano direto), ao qual se agrega todo prejuízo adicional apreciável em termos monetários, tal como a honra, o crédito, a saúde, a vida, etc. (danos indiretos). Consequentemente, o conceito de “dano” está vinculado ao de indenização, ou seja, a tentativa de devolver ao prejudicado o estado em que se encontrava antes da ocorrência do ato prejudicial. Portanto, dano não constitui patologia, mas pode ser a consequência de uma; é então impróprio referir-se a “dano construtivo”.

#### **e) falha**

Sob o conceito de desempenho, o CIB (1993) define falha como o fim da capacidade de um produto de desempenhar um função requerida. Já para o IBAPE-SP (2007, p.25), falha é “incorrer em erro, relacionado ao desvio de uma previsão técnica, ou ainda ligado à interrupção de um processo operacional”. Segue-se que uma falha está relacionada a procedimentos executados equivocadamente. Portanto, neste caso, a falha está associada a problemas decorrentes de serviços de manutenção, conservação e operação das edificações. Neste sentido, uma falha constitui uma forma de patologia.

Gomide, Fagundes Neto e Pujadas (2006) também entendem que falha está sempre vinculada a problemas decorrentes de manutenção. Estes autores afirmam que uma anomalia é um vício construtivo, ao passo que a falha é vício de manutenção. Eles classificam as falhas quanto à origem em quatro categorias:

- FALHAS DE PLANEJAMENTO: conseqüentes de procedimentos e especificações inadequados do plano de manutenção e as relacionadas à periodicidade de execução;
- FALHAS DE EXECUÇÃO: causadas pela execução inadequada de procedimentos e atividades do plano de manutenção, inclusive uso inadequado de materiais;
- FALHAS OPERACIONAIS: relativas a procedimentos inadequados de registros e controles técnicos;
- FALHAS GERENCIAIS: decorrentes da falta de controle da qualidade dos serviços e ausência de acompanhamento dos seus custos.

#### **d) não conformidade**

Não conformidade é o descumprimento de um requisito de desempenho ou de uma prescrição legal, regulatória ou normativa. Os sistemas prediais hidráulicos e sanitários, como subsistemas das edificações, naturalmente se sujeitam à legislação em vigor no período compreendido desde a época da elaboração dos respectivos projetos, durante a sua fase de execução, até o final da assistência técnica, com o vencimento dos prazos de garantia legais.

Quando o empreendimento que resulta numa edificação implica uma relação de consumo, ele é regido pela Lei 8.078, conhecida como Código de Defesa do Consumidor (BRASIL, 1990). Em seu artigo 39 (Seção IV: “Das práticas abusivas”) esta lei prescreve:

“É vedado ao fornecedor de produtos ou serviços:”... “colocar no mercado de consumo qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes ou, se normas específicas não existirem, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial.” (BRASIL, 1990).

Portanto, esta lei, no que tange a uma relação de consumo no âmbito da construção civil, reconhece o Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (CONMETRO) como entidade com atribuição legal para elaborar e expedir regulamentos técnicos. Isto na ausência de normas exaradas por órgão oficiais competentes (estas efetivamente com força de lei, a exemplo das emitidas pelas agências reguladoras governamentais como ANVISA, ANA, etc.).

Interpretando o artigo legal supra transcrito, Grandiski (2007a; 2008; 2010) concluiu que as verdadeiras normas brasileiras são os Regulamentos Técnicos (RT) - atos normativos de caráter compulsório, emanados de autoridade com competência específica para editá-los, e que contêm regras legislativas, regulatórias ou administrativas e estatuem características técnicas para um produto ou serviço. A emissão desses regulamentos é, portanto, de competência de Agências Reguladoras e Conselhos Federativos (GRANDISKI, 2010). Na construção civil valem os regulamentos emitidos pelo CONMETRO.

Cabe esclarecer que a normalização é uma atividade legalmente desenvolvida no país no âmbito do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (SINMETRO).

Este órgão foi instituído pela Lei 5.966 de 11/12/1973 (BRASIL, 1973), com a finalidade de “formular e executar a política nacional de metrologia, normalização industrial e certificação de qualidade de produtos industriais” (artigo 1º.).

O SINMETRO é um sistema misto, integrado por entidades públicas e privadas que exercem atividades relacionadas com as suas finalidades legais. Compõem a estrutura do SINMETRO: o Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (CONMETRO), o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) e os Organismos de Normalização Setorial (ONS).

O CONMETRO é o órgão colegiado normativo do SINMETRO, vinculado ao Ministério da Indústria e Comércio, com a atribuição de formular e supervisionar, entre outras, a política nacional de normalização industrial e estimular as atividades de normalização voluntária no país.

O INMETRO, órgão executivo central do SINMETRO, é uma autarquia federal, com atribuição, entre outras, de elaborar e expedir regulamentos técnicos nas áreas que lhe são determinadas pelo CONMETRO, com a tarefa de órgão articulador para a edição de regulamentos técnicos pelos órgãos competentes.

Já os ONS são órgãos públicos, privados ou mistos, sem fins lucrativos, que, entre outros, têm atuação reconhecida no campo da normalização em um dado domínio setorial, devidamente credenciados pela ABNT, segundo critérios aprovados pelo CONMETRO.

A Resolução nº. 6/92 de 24/08/1992 do CONMETRO (CONMETRO, 1992a) reconhece e legitima como normas brasileiras aquelas homologadas pelo Foro Nacional de Normalização, que, ao serem nele registradas, passam a receber a designação "NBR" (Norma Brasileira Registrada no CONMETRO). A Resolução nº. 7/92 de 24/08/1992 do CONMETRO (CONMETRO, 1992b) designou a própria Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (uma entidade privada sem fins lucrativos, reconhecida de utilidade pública) o Foro Nacional de Normalização, com atribuição, em seu nome, de elaborar normas técnicas. Dessa forma, por delegação de competência, a observância das normas técnicas da ABNT em projetos e obras de engenharia cujo produto resulta em relação de consumo, até então de caráter facultativo, representando apenas uma referência técnica, ao menos desde 1992 tornou-se compulsória, amparada pelo artigo 39 do Código de Defesa do Consumidor (BRASIL,1990).

Vale ressaltar que este fato tem sido tomado como jurisprudência em ações judiciais, como as que envolvem perícias de engenharia. Consequentemente, as normas técnicas da ABNT vigentes à época da elaboração dos projetos de SPHS e durante a execução da obra têm sido consideradas por juízes como texto legal em pendências judiciais envolvendo perícias sobre patologias construtivas.

Assim sendo, quaisquer não conformidades normativas verificadas nesses sistemas da edificação, relativas às normas técnicas correlatas da ABNT, seja nos respectivos projetos, seja no que nela se encontra efetivamente instalado, constituem patologias, manifestas (já perceptíveis), em curso (ainda sem sintomas aparentes) ou potenciais (com alguma probabilidade ou nível de risco de se manifestarem).

Sob este princípio, adiante justificado, uma não conformidade se configura sempre que uma prescrição ou requisito não são atendidos. Isto porque há dois tipos distintos de regulamentações normativas quanto à formulação: normas prescritivas e normas de desempenho. Uma norma prescritiva congrega um “conjunto de requisitos e critérios estabelecidos para um produto ou um procedimento específico, com base no uso consagrado ao longo do tempo” (ABNT, 2008, p. 7). Uma norma de desempenho constitui-se do “conjunto de requisitos e critérios estabelecidos para o produto, o edifício e seus sistemas, com base em exigências do usuário, independentemente da sua forma ou dos materiais constituintes” (ABNT, 2008, p. 6).

Em realidade, não há uma norma puramente de desempenho ou completamente prescritiva. As normas técnicas contêm tanto prescrições estabelecendo valores mínimos a atender, limites máximos a observar, exigências e determinações a cumprir, etc., quanto requisitos de desempenho a atender, que expressam de forma qualitativa os atributos desejados para atender exigências, expectativas e necessidades do usuário. Neste sentido, pode-se dizer que determinada norma técnica é mais prescritiva ou então predominantemente de desempenho.

Com base nesta conceituação, pode-se afirmar, de forma bastante geral, que incorre numa patologia (problema real) ou numa não conformidade (risco potencial) todo subsistema que não atende algum critério ou requisito de desempenho, em particular aqueles textualmente expressos em legislação específica, regulamentação ou normalização técnica.

Conforme já antecipado, uma não conformidade está geralmente associada a algum problema potencial, com certa probabilidade ou risco de ocorrer, ou seja, está relacionada a algum nível de risco, por mais remoto que seja. Isto então coloca o edifício e suas partes em permanente condição de vulnerabilidade. Por trás desta consideração está o óbvio fato de que sempre há um fundamento para cada prescrição, critério ou requisito de desempenho presente em normas técnicas, regulamentos, decretos e leis que versam sobre matéria técnica na construção civil. Quando a prescrição ou o requisito não é atendido, ou se manifesta uma patologia correspondente ou então, no mínimo, surge o risco dela ocorrer. A patologia decorrente da não conformidade pode surgir de imediato ou se manifestar em época bem posterior, ou ainda apresentar, de início, sintomas em intensidade insuficiente para ser percebida. Nestas circunstâncias, a patologia, ao se manifestar, é resultado de um prévio risco que prosperou. Esta é a importância em se considerar as não conformidades no processo de investigação e solução de patologias em SPHS.

Para exemplificar estas assertivas, pode-se considerar o critério de limitação da velocidade do escoamento nas tubulações do subsistema de distribuição predial de água fria, expresso no artigo 5.3.4 (Velocidade máxima da água) da norma NBR 5626:1998 (ABNT, 1998a, p. 12), a saber: *“As tubulações devem ser dimensionadas de modo que a velocidade da água, em qualquer trecho de tubulação, não atinja valores superiores a 3 m/s”*. Esta prescrição, presente no texto normativo citado sem qualquer explicação ou justificativa adicional, traduz em termos quantitativos (critério de desempenho) o requisito de desempenho (qualitativo) subjacente da limitação dos níveis de ruído produzido pelo escoamento nas tubulações. Este pode ser assim expresso: *“Os sistemas prediais de água fria devem ser projetados e montados de modo a, durante toda a vida útil do edifício, proporcionar conforto acústico aos usuários, evitando níveis de ruído, produzido ou transmitido pela própria instalação, inadequados à ocupação dos ambientes da mesma”*.

Um fundamento técnico, neste caso, é o nível de ruído julgado excessivo, originado pelo escoamento turbulento, que ocorre quando a sua velocidade supera o limite citado. Parte da energia dissipada como perda de carga se converte em energia sonora, causada pelo atrito da água com as rugosidades das paredes da tubulação e, principalmente, devido às microturbulências impostas às linhas de corrente da massa líquida.

Outro fundamento está relacionado à excessiva intensidade de eventuais golpes de aríete. Sempre que a referida prescrição normativa (ou critério de desempenho) não é atendida, ou seja, sempre que ocorre esta não conformidade, surge, em consequência, uma patologia associada ou subjacente, neste caso manifesta, por meio do sintoma característico do ruído excessivo.

Em síntese, convém considerar as não conformidades como patologias potenciais que, como tais, merecerão ações preventivas contra o posterior aparecimento de manifestações patológicas associadas, sob certo grau de probabilidade.

Independente do seu enquadramento ou não no Código de Defesa do Consumidor (BRASIL, 1990), o projeto e a execução dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários devem ainda atender às demais disposições legais vigentes aplicáveis, a saber:

- regulamentos de companhias concessionárias;
- regulamentos de órgãos fiscalizadores com jurisdição local;
- leis, decretos, resoluções, instruções normativas, etc.

Segundo o mesmo princípio, pode-se considerar que, além das normas brasileiras, quaisquer não conformidades regulatórias ou legais verificadas nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários de uma dada edificação, relativas às demais disposições legais em vigor, tanto nos respectivos projetos quanto em relação aos SPHS nela existentes, constituem patologias manifestas, em curso ou potenciais, adiante detalhadas em 2.7.2.

Além das não conformidades normativas, regulatórias e legais, podem ser incluídas nesta categoria as não conformidades construtivas dos SPHS relativas à chamada “boa técnica” ou às “boas práticas de Engenharia”.

Existem princípios tecnológicos basilares e outros consagrados pelo uso nas atividades de projeto e execução de edifícios que se fundamentam, por exemplo, em leis da Química e da Física (princípios mecânicos, térmicos, etc.), cuja aplicação, por óbvia, é pressuposta em obras de construção civil, cujo não atendimento configura uma não conformidade. Evidentemente, para a maioria destas não há fundamentação textual prevista em normalização, regulamentação ou legislação, o que, por vezes, dá margem a controvérsias e suspeita de subjetividade na caracterização do problema.

Nesta categoria de não conformidade à boa técnica se enquadram também os casos de práticas tidas como condenáveis ou errôneas, porém não incluídas como tal, e nem objeto de veto, proibição ou restrição, em normas técnicas, regulamentos, decretos e leis. Este é o caso, por exemplo, da prática condenável de se conformar na obra curvaturas em tubos plásticos mediante aquecimento com chama de maçarico a gás (AMORIM, 1999) ou então de conformar bolsas em pontas de segmentos de tubos mediante este mesmo recurso (ILHA *et al.*, 2000), segundo ilustra a Figura 2.39.



Figura 2.39 – Exemplos de não conformidade à boa técnica: conformação de curvas em tubos plásticos mediante aquecimento com chama de maçarico a gás

Nestes casos, a falta de controle na temperatura, aplicação desuniforme do calor e tempo excessivo de exposição levam à volatilização do estabilizante químico do plástico e também a alterações na sua estrutura polimérica na região afetada, fragilizando-a. Com o passar do tempo, poderá progredir o processo de microfissuramento das paredes nessa região, evoluindo para fissuras que ensejarão vazamentos.

Em síntese, falhas são problemas decorrentes de manutenção enquanto anomalias são problemas propriamente construtivos. Estas recebem o nome particular de vícios, aparentes ou ocultos, quando apenas afetam o desempenho e/ou causam prejuízo material, ou então são designadas defeitos quando afetam ou ameaçam afetar a saúde ou a segurança.

A Figura 2.40 resume a taxonomia das patologias construtivas quanto à natureza.

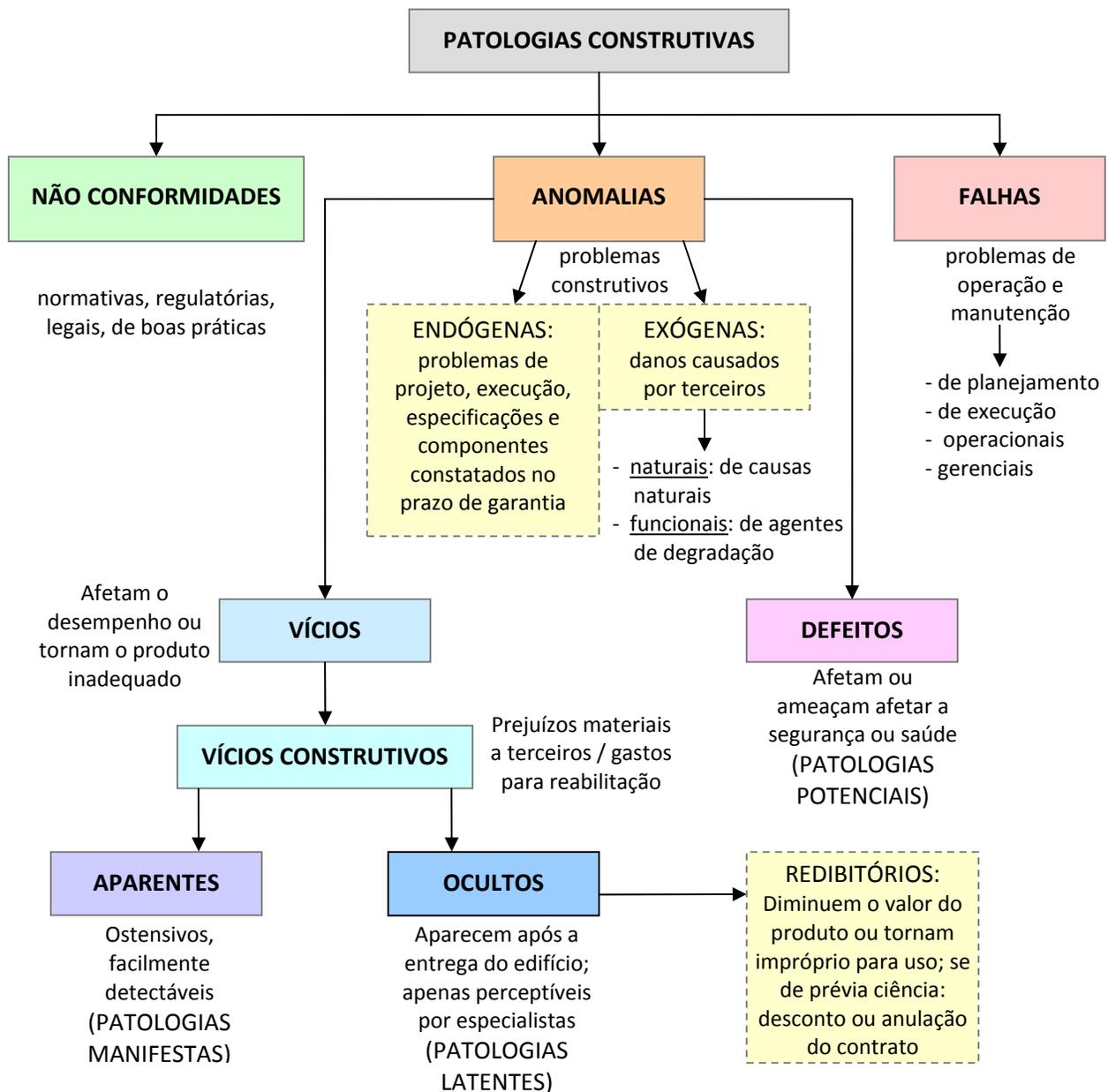


Figura 2.40 - Síntese das patologias construtivas quanto à natureza

## 2.7.2 Taxonomia das patologias em SPHS quanto à manifestação

Outra forma de classificar as patologias em SPHS é quanto à manifestação. Esta, mais sintética que a categorização por natureza anterior, é particularmente útil na classificação dos problemas que mais afetam os SPHS e na sua associação às respectivas origens. Quanto à forma de manifestação, estas patologias são simplesmente classificadas como manifestas e não manifestas. As patologias não manifestas podem ser latentes (ou em curso) e potenciais.

### **a) patologias manifestas**

São todas aquelas cujas conseqüências físicas são perceptíveis através dos sentidos humanos, neste caso ditas “manifestações patológicas”. Segundo Ilha (2009), quando afetam os SPHS de uma edificação, apresentam sintomas característicos, tais como:

- vazamentos a partir de tubulações, componentes e equipamentos;
- mau cheiro proveniente de desconectores, como ralos e sifões;
- oscilação temporal da temperatura da água aquecida oriunda de misturadores;
- oscilações de pressão e vazão das águas fria e quente durante o uso de aparelhos sanitários dotados de misturadores;
- refluxo de esgoto a partir de desconectores, acompanhados ou não de ruídos de borbulhamento e odores fétidos característicos;
- retorno de espuma através de ralos e sifões;
- refluxo de águas pluviais em sacadas e varandas sob chuvas mais intensas;
- ruídos transmitidos a partir de vibrações de bombas centrífugas;
- ruídos devidos a escoamentos líquidos e durante a utilização de aparelhos sanitários.

Por definição, constituem patologias manifestas nos SPHS as anomalias construtivas em geral que os acometem (endógenas e exógenas – naturais ou funcionais), os vícios construtivos aparentes e as falhas, já suficientemente exemplificados neste trabalho.

### **b) patologias latentes ou em curso**

São aquelas já presentes nos SPHS, porém, ainda sem sintomas aparentes, ou seja, sem manifestações patológicas ostensivas, perceptíveis pelos sentidos. Disto decorre que, para esta classe de patologias é incorreto referir-se a manifestações patológicas. Entretanto, pela própria definição, patologias latentes são aquelas existentes nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários do edifício cuja intensidade dos sintomas ainda é insuficiente para a percepção por meio dos sentidos humanos; algumas são detectáveis por meio de equipamentos apropriados.

Este fato inexoravelmente um dia ocorrerá, ainda que transcorram muitos anos para tanto; daí a designação alternativa “patologias em curso”. Isto porque algumas patologias nesses sistemas da edificação, pela própria natureza, têm uma progressão ou evolução muito lenta. Este é o caso do processo de corrosão das tubulações de distribuição de gás combustível de aço preto (sem zincagem superficial por imersão a quente – a galvanização) embutidas nas alvenarias ou em contrapisos. Como o gás natural é seco, ou seja, praticamente isento de umidade em sua composição, e o GLP apresenta insignificante teor de umidade (na forma de vapor de água), a oxidação das superfícies internas em contato direto com estes gases é pouco significativa. Diversamente da água, que porta oxigênio no ar nela dissolvido na forma de bolhas microscópicas e que constitui agente natural de degradação do material por oxidação superficial, por pite, etc., estes gases não o possuem. Em sua composição característica, praticamente não há produtos agentes de degradação do aço em quantidade necessária para alimentar a corrosão em grau suficiente para constituir uma patologia.

Sobre as superfícies internas das tubulações de aço preto forma-se uma delgada camada de óxido de ferro quando a tubulação ainda está em contato com o ar atmosférico, antes de ser posta em uso definitivo. Após o comissionamento, o processo de espessamento desta camada estaciona e o óxido aí formado em nada interfere com o gás conduzido. Entretanto, tal fenômeno pode não ocorrer na superfície externa dos trechos embutidos em contrapisos e nas alvenarias, ou ainda nos trechos diretamente enterrados desprovidos de proteção superficial adequada. Dependendo das condições de exposição e presença, ainda que eventual, de agentes de degradação atuando sobre as superfícies desses trechos, pode estar em curso um lento processo de corrosão superficial externa. Isto pode acontecer, por exemplo, em trecho de tubulação de aço preto condutora de gás combustível correndo embutido no contrapiso de uma cozinha, cujos moradores têm por hábito sanitário a lavagem frequente do piso. Parte da água empregada é inevitavelmente absorvida pelos rejuntas, supostamente permeáveis, das lajotas cerâmicas de piso.

A infiltração assim descrita acaba por umedecer a argamassa de assentamento, solubilizando em parte sais alcalinos dela componentes, constituindo o agente de degradação que atuará no processo oxidativo da tubulação. Neste caso, é breve o tempo de contato da água infiltrada com a tubulação. Isto porque, acabada a lavagem, a umidade permeada tende a se evaporar pelos mesmos rejuntas.

Consequentemente, a agressão a cada vez é pequena e o tempo requerido para ocorrer a manifestação da patologia (o vazamento de gás) pode se estender por dezenas de anos.

Este caso, no entanto, exemplifica uma patologia latente, a saber, o lento processo de corrosão superficial inexoravelmente ocorrendo, mas ainda insuficiente para permitir a manifestação patológica, a saber, o característico cheiro de gás combustível indicativo do vazamento.

Uma solução preventiva está no emprego de tubulação menos suscetível aos agentes de degradação presentes, como tubos e conexões de cobre ou os tubos e conexões plásticos multicamada. Outra medida preventiva reside no prévio envolvimento da tubulação a embutir no contrapiso com fita adesiva protetora apropriada, de forma helicoidal com recobrimento adequado, procedimento comumente dito enfitamento (Figura 2.41).

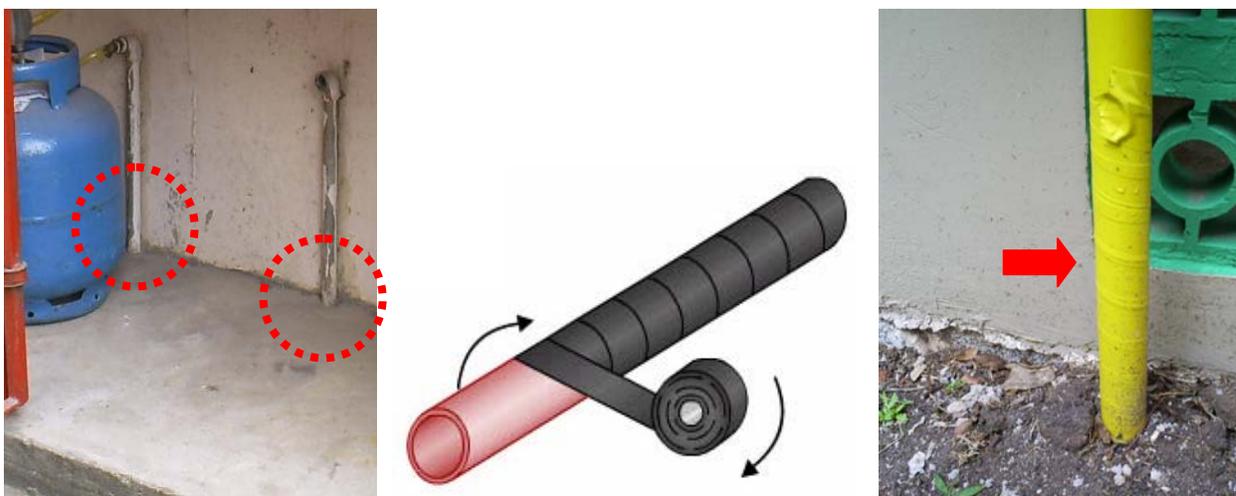


Figura 2.41 – Tubulações de aço embutidas em contrapiso sem proteção superficial (esq.), enfitamento protetor (centro) e tubulação de gás enfitada na parte enterrada (dir.). (Fonte (centro): ALTOQI, [2005])

A propósito, a ação agressiva do meio sobre as superfícies externas de tubulações de aço é bem mais intensa e rápida quando diretamente enterradas sem qualquer proteção superficial. Isto ocorre porque a presença de umidade é mais freqüente, assim como a sua quantidade, intervindo também o pH do solo e composição salina característica, fatores aceleradores do processo de corrosão superficial. A Figura 2.42 exemplifica este caso. Por definição, constituem patologias latentes ou em curso os vícios construtivos ocultos, redibitórios ou não.



Figura 2.42 – Corrosão e vazamento de gás em tubulações de aço enterradas sem proteção superficial  
(Fonte: Conjunto Habitacional Diadema D – CDHU)

### c) Patologias potenciais

São aquelas assim já consideradas neste texto, a exemplo das não conformidades e dos defeitos, ainda não manifestas e nem latentes, representando, todavia, risco potencial à vida, à segurança ou à saúde dos ocupantes e da própria edificação, com alguma probabilidade ou risco de se manifestarem; por isto, por vezes, são ditas “riscos potenciais”.

A propósito, o CIB (1993) adverte que “segurança” não pode ser observada diretamente. O aspecto segurança nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários deve ser preferencialmente expresso em termos de “probabilidade de ocorrência” de uma dada patologia. Além disto, esta probabilidade deve estar associada a um nível aceitável de risco. Este organismo entende que o conceito de risco deve ser compreendido não como uma casualidade, incidente ou erro (no sentido de escolha ou decisão imprópria), mas deve ser associado a um processo estocástico (por exemplo, uma função de distribuição de probabilidade).

Entretanto, gestão de riscos e análise probabilística de riscos são assuntos que transcendem os propósitos deste trabalho, apesar de indubitavelmente se relacionarem com a ocorrência de patologias construtivas.

Com referência aos SPHS de um dado edifício, um gestor de riscos está voltado para a identificação, análise, estimação, avaliação e controle dos respectivos riscos com vistas à determinação das conseqüências e responsabilidades, por exemplo, para efeito de estipular o valor de prêmio de seguro. Já o investigador de patologias neste caso está preocupado com a proposição de intervenções preventivas que eliminem ou reduzam a possibilidade de sua ocorrência.

Em especial, constituem patologias potenciais todas as não conformidades relacionadas à proteção sanitária e prevenção da contaminação da água potável nas edificações, uma vez que representam ameaça à saúde e à vida dos usuários. A norma NBR 5626:1998 (ABNT, 1998a), por exemplo, trata do assunto ao menos nas seguintes seções e artigos:

- 5.2.4 Preservação da potabilidade em reservatórios (p. 9);
- 5.4 Proteção sanitária da água potável (p. 12);
- 5.4.3 Proteção contra o refluxo de água (p.13);
- 5.4.4. Proteção contra interligação entre água potável e não potável (p.14);
- Anexo B (normativo): Verificação da proteção contra a retrossifonagem em dispositivos de prevenção ao refluxo (p. 34).

Exemplos deste gênero de patologias, considerando apenas os sistemas prediais de água fria, são por demais abundantes. Envolvem conceitos técnicos importantes, como conexão cruzada, contaminação da água potável por microorganismos potencialmente patogênicos, retrossifonagem, separação atmosférica, dispositivos mecânicos de prevenção ao refluxo, etc., cujo detalhamento seria bastante relevante. Ficam, porém, como sugestão para um estudo acadêmico específico, na forma de futura dissertação ou tese. A sua exploração neste trabalho, a despeito da relevância do tema e das correspondentes conseqüências patológicas, não será feita por causa da amplitude envolvida e da profundidade que exigem.

Apenas a título de exemplificação de uma patologia potencial, que representa risco à segurança, à integridade ou à vida dos ocupantes do edifício, segue uma relacionada a equívoco na concepção do projeto de um sistema predial de água quente, no tocante ao posicionamento inadequado de aquecedor de acumulação elétrico horizontal num sobrado.

Para a compreensão da patologia potencial por trás de uma não conformidade, é antes necessário recordar que um aquecedor de água por acumulação tem por característica de funcionamento aquecer gradualmente a água armazenada em seu interior. Para tanto, a fonte energética se situa na porção inferior do tambor, região de admissão da água fria, que, ao ser aquecida, tende a subir por diferença de densidade e se acumular no alto, de onde sai para abastecer os pontos de utilização a jusante (Figura 2.43).



Figura 2.43 – Componentes de aquecedores de acumulação vertical (a gás – eq.) e horizontal (elétrico – dir.)  
(Fonte: TÉCHNE, 2006)

Conseqüentemente, ocorre uma estratificação natural na temperatura da água armazenada, sempre maior no topo do tambor. Em razão da própria geometria característica, a estratificação é mais expressiva em aquecedores verticais do que nos horizontais.

A norma técnica NBR 7198:1993 determina que “todo aquecedor de acumulação alimentado com água fria por gravidade, a partir de um reservatório elevado, deve ter o seu nível superior necessariamente abaixo da cota inferior da respectiva saída de alimentação do reservatório” (ABNT, 1993, p. 4), condição ilustrada na Figura 2.44.

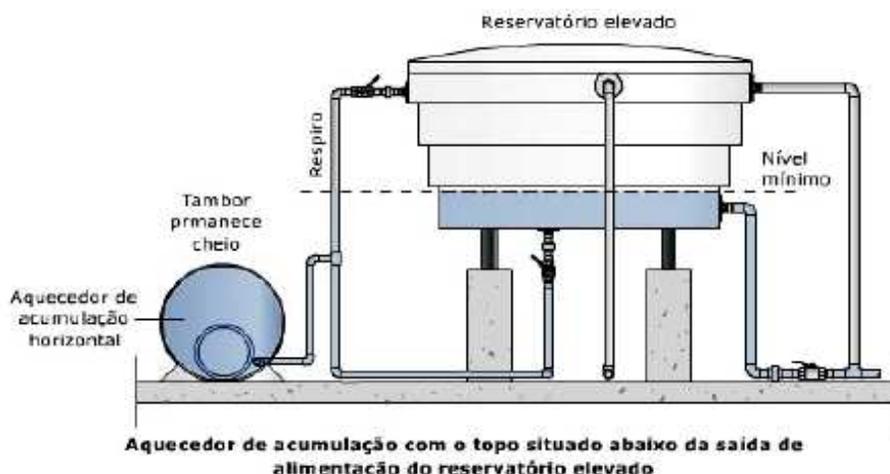


Figura 2.44 - Aquecedor de acumulação com o topo situado abaixo da saída de alimentação do reservatório  
(Fonte: ALTOQI, [2007])

Nota-se na figura a existência de um tubo-respiro, derivado da tubulação de alimentação de água fria para o aquecedor. Caso a prescrição normativa mencionada não seja observada, caracterizando uma não conformidade, havendo diminuição do nível d'água dentro do reservatório, pelo princípio de vasos comunicantes, haverá tendência de igual abaixamento do nível de água dentro do tambor do aquecedor (Figura 2.45).

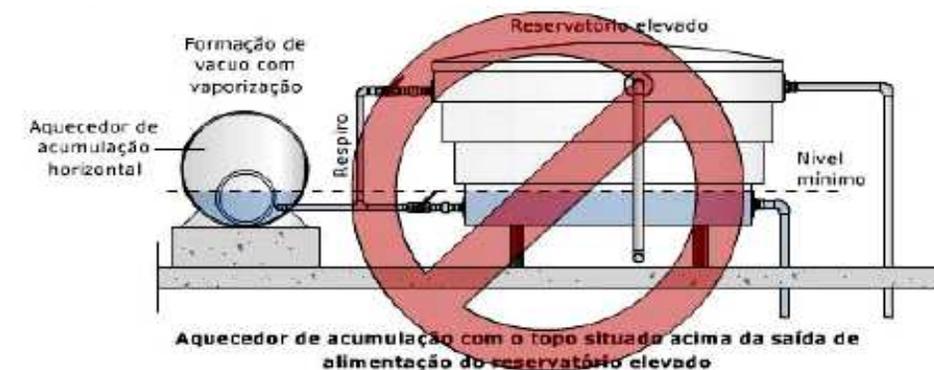


Figura 2.45 - Aquecedor de acumulação com o topo situado acima da saída de alimentação do reservatório  
(Fonte: ALTOQI, [2007])

Isto propiciará a vaporização da água na porção mais elevada do tambor, onde se encontra sob temperatura mais elevada, havendo aí acumulação de vapor. Isto ocorrerá se nenhum ponto de utilização de água quente a jusante estiver aberto e alimentação de água fria ao aquecedor for indevidamente dotada de válvula de retenção, impeditiva do refluxo de água em direção ao reservatório, ou com registro de gaveta ou esfera fechado. Aliás, a presença desta válvula é vedada pela norma citada quando a alimentação de água fria por gravidade do aquecedor não for dotada de tubo-respiro (ABNT, 1993, p. 4).

A consequência é que, havendo falha no termostato responsável pela desativação da fonte energética, a água dentro do aquecedor irá passar para a fase vapor, exercendo pressão sobre o tambor. Se este for apenas resistente a baixas pressões (por exemplo, 20 kPa), estará sujeito a explodir.

Portanto, no exemplo descrito, a não conformidade (aquecedor de acumulação com o topo situado acima da saída de alimentação do reservatório) está vinculada a uma patologia potencial (a explosão do tambor do aquecedor) e suas consequências funestas. A patologia potencial apontada, neste caso, constitui ameaça à vida, à segurança ou à saúde dos ocupantes e da própria edificação.

Compete observar que o risco ou probabilidade desta patologia potencial tornar-se manifesta, ou seja, de ocorrer, é reduzida, uma vez que, para isto, várias condições têm de se verificar simultaneamente, a saber:

- I. aquecedor de acumulação com o topo situado acima da saída de alimentação do reservatório;
- II. inexistência de tubo-respiro derivado da tubulação de alimentação de água fria para o aquecedor;
- III. diminuição do nível d'água dentro do reservatório;
- IV. existência de válvula de retenção ou de registro de gaveta ou esfera fechado na tubulação de alimentação de água fria para o aquecedor;
- V. falha no termostato responsável pela desativação da fonte energética;
- VI. aquecedor de baixa pressão.

Disto se conclui que, no exemplo apresentado, o risco associado é extremamente baixo, uma vez ser pouco provável a ocorrência concomitante de todos os fatores apontados. Mesmo estando correta esta conclusão, a condição de vulnerabilidade persiste na medida da ocorrência da não conformidade e existência da patologia potencial associada. Apenas para efeito de constatação de que situações pouco prováveis de ocorrer sempre têm uma probabilidade de ocorrer, mesmo que pequena, seguem-se fotos da explosão de aquecedor de acumulação com tambor de fibra de vidro, nas condições descritas (Figura 2.46).



Figura 2.46 – Efeitos da explosão de aquecedor de acumulação de baixa pressão com tambor de fibra de vidro  
 (Fonte: Acervo Ad Fiducia Avaliações e Perícias S/C Ltda., Joinville – SC, 2007)

Tanto o reservatório quanto o aquecedor estavam alojados no interior de ambiente técnico exclusivo, constituindo o volume construtivo destacado acima do telhado da cobertura.

Esta explosão comprova a assertiva que há, em geral, um fundamento atrás de uma prescrição, critério ou requisito de desempenho presente em norma técnica, geralmente associado a alguma forma de patologia, seja esta manifesta, latente ou potencial.

### 2.7.3 Principais patologias associadas

Muitas não conformidades e patologias de sistemas prediais hidráulicos e sanitários classificadas nas categorias de defeitos construtivos, representando riscos potenciais, estão associadas à possibilidade de ocorrência de patologias, ou seja, risco de disseminação de doenças de veiculação aérea ou hídrica através dos próprios componentes destes sistemas.

Mesmo que, na maior parte das vezes, o risco associado seja pequeno, subsiste a condição de vulnerabilidade do edifício e de predisposição aos seus ocupantes para contração de moléstias. Isto constitui, portanto, uma permanente ameaça à sua saúde e mesmo à vida, o que justifica uma atenção, ainda que breve, a essas patogenias.

Os SPHS têm a função de transportar água dentro do edifício, tanto na alimentação dos aparelhos sanitários quanto na coleta dos seus despejos. Em particular, ocorre um escoamento de ar e gases associado ao fluxo líquido no interior das tubulações dos sistemas prediais de esgoto sanitário e de águas pluviais.

Tanto o meio hídrico quanto o etéreo são o habitat natural de uma espantosa diversidade de micro-organismos, muitos deles patogênicos ao homem e animais domésticos. São bactérias, algas, vírus, fungos, protozoários, vermes, artrópodes, etc., entre outras formas de vida microscópica, que se subclassificam segundo certas características (bacilos, cocos, etc.). Considerando, por exemplo, apenas as algas de água doce, dos mais de 500 gêneros conhecidos, Branco (1978) listou e descreveu as características de 144 gêneros considerados de interesse sanitário. Diferentes micro-organismos estão naturalmente presentes no próprio trato digestivo e no intestinal dos seres humanos e animais, onde vivem como saprófitos.

Ressalva-se que os vírus, por não sintetizarem todas as enzimas necessárias à autoconstrução, precisam de células vivas para sobreviver, dentro das quais têm grande capacidade de proliferação. Isto inclui células de hospedeiros também microscópicos, porém bem maiores, como as algas e bactérias. Vírus são, portanto, parasitas obrigatórios de animais e vegetais. Muitos são patogênicos à espécie humana. Embora não sejam capazes de reprodução fora das células da espécie hospedeira, podem perfeitamente sobreviver durante dias no meio aquático (BRANCO, 1978), como o vibrião do cólera.

Sob a ótica das patologias nos SPHS, evidentemente os micro-organismos que importam são aqueles causadores de doenças. Existe um amplo espectro de patógenos que sobrevivem e/ou crescem e se reproduzem em SPHS. Rebello (2004), referindo-se apenas aos identificados em reservatórios de aproveitamento de águas pluviais, descreve as características de nove diferentes espécimes, causadores de doenças como hepatite, salmonelose, giardíase, criptosporidíase, legionelose, botulismo, tétano, gangrena, colites, enterites, pneumonia e fortes quadros febris. Hernandez (2006) cita 12 diferentes doenças.

Alguns micro-organismos se multiplicam na água, enquanto outros apenas sobrevivem. Em geral os processos de desinfecção da água atualmente empregados, como cloração e exposição à radiação ultravioleta, são eficientes para a erradicação de patógenos em percentual seguro (KAY, WATKINS E FEWTRELL, 2006).

No entanto, em se tratando de água potável presente nos SPHS do edifício, nem sempre a presença de cloro livre residual em concentração adequada é garantia de sua qualidade sanitária. Os cistos de *Giardia lamblia* e os oocistos de *Cryptosporidium* são bastante resistentes aos processos comuns de desinfecção, como o emprego do cloro em concentrações usuais (REBELLO, 2004). Kay, Watkins e Fewtrell (2006) informam que as bactérias *Pseudomonas Aeruginosa*, muito freqüentes em reservatórios de água domésticos, em trechos terminais de tubulações contendo água estagnada ou sem renovação, e mesmo nos próprios aparelhos sanitários (pias, chuveiros e duchas, banheiras, bacias sanitárias), quando incorporadas em biofilmes, podem sobreviver por mais de 7 dias em água contendo uma concentração de cloro livre residual de 50 mg/l. Note-se que a Portaria nº. 518 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004) exige um teor mínimo de apenas 0,5 mg/l.

Kay, Watkins e Fewtrell (2006) esclarecem que há duas formas características de crescimento microbiano: a forma planctônica, em que os microorganismos ficam em suspensão na água, e a forma de biofilme, com aderência a superfícies sólidas. O biofilme é uma fina camada recoberta de polissacarídeos que permite a sobrevivência e desenvolvimento microbiano e provê proteção contra a ação de desinfetantes.

A Figura 2.47 ilustra a presença de biofilme aderido às paredes internas de um reservatório de fibra de vidro, exposto ao tempo, armazenando água limpa proveniente de poço artesiano, sem qualquer processo de desinfecção prévia.



Figura 2.47 – Presença de biofilme na parede interna de reservatório doméstico de água fria

Na foto à direita da Figura 2.47 podem ser notadas manchas levemente esverdeadas na superfície interna do reservatório, sujeita a oscilações do nível d'água, abaixo da torneira de bóia, onde ocorre alternância mais frequente entre água e ar. A cor esverdeada é indicativa da presença de algas, cuja proliferação é aí favorecida pela disponibilidade de luz, dada a relativa transparência conferida pela tampa.

Em princípio, qualquer superfície com alguma rugosidade em contato com a água está sujeita à formação e aderência de biofilme. Além dos reservatórios de água fria e quente (neste caso, em especial, os acumuladores de água aquecida por radiação solar), constituem regiões de aderência de biofilmes nos SPHS as superfícies ásperas de tubos, conexões e equipamentos em contato com a água, a exemplo de tubos de aço galvanizado em uso apresentando corrosão interna em algum grau (Figura 2.48).



Figura 2.48 – Formação e aderência de biofilmes em incrustações de ferrugem em tubos e acessórios

Os biofilmes podem abrigar micro-organismos reconhecidamente patogênicos, como a *Legionella pneumophila* e a *Pseudomonas aeruginosa*, ambas de especial interesse quanto ao risco de contaminação da água potável em razão de não conformidades e patologias em SPHS. Estas formas de bactérias se multiplicam principalmente em água estagnada dentro da rede de tubulações e em reservatórios. A sua disseminação é caracterizada por um leve aumento da turbidez da água, que passa a apresentar um sabor característico.

Além do contato corporal direto com água contaminada, a infecção pode ser rapidamente espalhada a partir da ocorrência de aerossóis quando a água é utilizada nos aparelhos sanitários. Quando estes se formam, tornam-se fontes de proliferação de toxinas e de produtos do crescimento microbiano, além da disseminação dos próprios micro-organismos patogênicos.

Os aerossóis são gotículas com dimensões entre 1 e 5 µm; portanto, praticamente imperceptíveis à visão comum (RODRIGUES e SILVA-AFONSO, 2007).

O controle da proliferação deve se dar com limpezas freqüentes dos aparelhos sanitários, em especial aqueles naturalmente geradores de aerossóis: duchas, lavatórios, pias, banheiras e bacias sanitárias. Kay, Watkins e Fewtrell (2006) advertem para o fato do simples ato de lavar as mãos numa cuba de lavatório ser suficiente para originar aerossóis.

A *Pseudomonas aeruginosa*, infectante do sistema respiratório e responsável por pneumonia necrosante (REBELLO, 2004), é um agente patogênico oportunista. Raramente causa doenças em indivíduos sãos, mas é bactéria patogênica quando introduzida em áreas corporais desprovidas de defesas orgânicas naturais, como é o caso de regiões de mucosas e da pele que sofreram lesão tecidual direta. Em hospitais estas bactérias são responsáveis por uma grande variedade de sintomas (infecções hospitalares), mas em ambiente doméstico podem ser responsáveis por infecções nas orelhas e pele, a partir de feridas pré-existentes. Talvez a consequência mais freqüente seja a foliculite aguda (inflamações nos folículos pilosos) adquirida em banhos de chuveiro e de banheiras.

Nos SPHS esta espécie de bactérias encontra maior facilidade de se proliferar em água morna, típica em componentes do sistema predial de água quente e em reservatórios de água plásticos expostos ao sol, como o da Figura 2.44. Feurich (2009) afirma que elas encontram condições ideais de vida entre 34°C e 38°C, faixa de maior multiplicação. Elas podem crescer sob baixos níveis de matéria orgânica, caso de biofilmes aderidos a paredes internas de tubulações; uma vez instaladas, são de difícil remoção (KAY, WATKINS E FEWTRELL, 2006).

Mais preocupante nos SPHS do que esta categoria de bactérias, entretanto, é a *Legionella Pneumophila*, a mais comum entre as mais de 40 espécies conhecidas do gênero *Legionella*. Ela é a causadora de um grave tipo de pneumonia conhecida como “doença dos legionários”, notificada somente a partir de 1976. Esta forma aguda de pneumonia pode, nos casos graves, conduzir o paciente à morte e tem expressivo índice de letalidade, contra a qual não ainda se dispõe de vacinas. Pode também originar uma forma mais branda de patologia clínica, a chamada “febre Pontiac”, com sintomas assemelhados a um forte resfriado ou infecção gripal, passível de combate com antibióticos (PITTEN, 2006).

A legionelose começa depois de dois a dez dias do contágio, com sintomas de mal estar, diarreia, de febre, dor de cabeça, nas articulações e no tórax. Dada a semelhança destes sintomas com uma inflamação nos pulmões, a legionelose é frequentemente diagnosticada com tal (HARTMANN, 2008). Pela facilidade de contaminação a partir do uso de aparelhos sanitários, extensão dos SPHS, as infecções são frequentes, mas poucas vezes identificadas como legionelose. Pitten (2006) afirma que diversos especialistas na Alemanha, baseados em estatísticas, suspeitam ocorrer anualmente entre 10 mil e 20 mil casos somente neste país.

São condições facilitadoras da multiplicação desse agente infeccioso a existência de biofilmes, condições físico-químicas favoráveis e estagnação da água, ou sua reduzida renovação em partes dos SPHS, onde podem sobreviver por longos meses. Também contribui o aparecimento de sedimentos na água contendo amebas, algas e protozoários, que dão suporte ao crescimento deste microbiota, uma vez que as bactérias do gênero *Legionella* se multiplicam em seu interior.

O fator contribuinte mais preocupante, entretanto, é a faixa de temperatura de água onde há possibilidade de sua proliferação, entre 20°C e 45°C (KINDT, 2007), sendo o crescimento mais favorável entre 35°C e 45°C (PORTUGAL, 2001), apesar de diferentes fontes divergirem deste valores. Feurich (2009) cita o mínimo de 25°C e a faixa ótima entre 32°C e 43°C. Acima de 50°C a taxa de sobrevivência diminui (KINDT, 2007). Wehmeier indica a morte da bactéria a partir dos 60°C e faixa de proliferação entre 20°C e 55°C, enquanto Hartmann (2009) menciona para esta valores entre 20°C e 45°C.

Em países europeus, a doença dos legionários tem sido considerada um problema de saúde pública, uma vez que a ocorrência de casos isolados em grandes edifícios pode dar causa a surtos. Estes são particularmente preocupantes em edificações com elevado número de pessoas, tais como os empreendimentos turísticos, caracterizados por períodos de temporada e pela típica renovação dos ocupantes.

O cloro livre residual presente na água fria costuma ser eficaz no combate à proliferação destes micro-organismos patogênicos na forma livre; porém, com o aquecimento, parte do cloro livre se volatiliza. Então os dois fatores passam a favorecer o crescimento dessas bactérias: a elevação da temperatura até a faixa de maior reprodução microbiana (OVESEN, 1989) e a redução da concentração do agente desinfetante.

Para limitar o potencial de crescimento desta espécie de bactérias dentro dos sistemas prediais de água quente, o ideal é que esta seja gerada a 65°C, no mínimo, e armazenada, quando for o caso, a uma temperatura não inferior a 60°C. A menor temperatura admissível para a água dentro do sistema de distribuição de água quente é 55°C, ao passo que a máxima admissível no sistema predial de água fria é 20°C (KINDT, 2007; MESSERSCHMID, 2008; SCHRÖTER e HEFTI, 2008).

Entretanto, há um ônus implícito ao se gerar água quente em temperaturas muito elevadas em relação às de efetiva utilização: as perdas térmicas em aquecedores de acumulação, em reservatórios de sistemas com aquecimento solar e em tanques de acumulação passivos de aquecedores conjugados. Também as perdas térmicas verificadas nas tubulações da rede de distribuição de água quente são diretamente proporcionais à diferença de temperatura com o meio externo. Deste modo, quanto maior for a temperatura da água quente gerada, maior será sua entalpia, ou seja, maior será a energia térmica por unidade de peso da água. Portanto, ter-se-á demanda por menores vazões de água mais quente, o que significa menores diâmetros na rede de distribuição predial, havendo economia inicial na execução do sistema predial. Em compensação, as perdas térmicas serão mais elevadas, com maior dispêndio de energia.

Uma medida de combate é a desinfecção térmica, na forma de descargas periódicas de água aquecida acima de 70°C durante certo intervalo em cada um dos aparelhos sanitários da instalação, para esterilização de possíveis colônias de *Legionella* (PITTEN, 2006; KINDT, 2007; HARTMANN, 2008; KILB, 2008). Além desta, pode-se recorrer à desinfecção química com emprego de cloro. Como as legionelas vivem dentro de amebas e outros micro-organismos presentes dentro dos biofilmes que revestem internamente as tubulações de água fria e quente, elas ficam duplamente protegidas da ação oxidante do cloro livre dissolvido. Por esta razão, Pitten (2006) recomenda a adição de cloro livre numa concentração maior, acima de 10 mg/l, ou seja, pelo menos 20 vezes mais do que a usual.

Outro recurso preventivo está na eliminação de todos os chamados trechos mortos das tubulações de água fria e quente. Estes são, por exemplo, ramificações inativas tamponadas na extremidade de jusante, deixadas durante a construção como derivações previstas para futuras expansões do sistema, ou então abandonadas em razão de reformas posteriores.

A Figura 2.49 ilustra um trecho morto nestas condições e demonstra ocorrer arraste de água estagnada dentro do trecho morto por ação do escoamento na tubulação ativa da qual deriva (KRYSCHI, 2008; KILB, 2008; SCHRÖTER e HEFTI, 2008).



Figura 2.49 – Demonstração do arraste de água de um ramal inutilizado (trecho morto) (Fonte: HYDRO, 2008)

Por fim, cabe registrar que o assunto em foco, contaminação e proteção sanitária da água potável nos SPHS, desinfecção preventiva de tubos e componentes, patologias associadas que representam ameaça à saúde e à vida dos usuários e seus desdobramentos, pela relevância, constituem matéria merecedora de um estudo acadêmico específico mais aprofundado, na forma de dissertação ou tese.

## **3 MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO DE PATOLOGIAS EM SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS**

Sob a ótica do que se convencionou designar Engenharia Diagnóstica (GOMIDE e FAGUNDES NETO, 2008) e correspondentes níveis de abordagem de problemas construtivos, este capítulo apresenta os métodos gerais de investigação patológica propostos por Lichtenstein (1985) e pelo CIB (1993), seguindo-se o método de Almeida (1994), desenvolvido com base em APO. Este capítulo também exemplifica o emprego destes métodos na prática profissional, para a realização de perícias extrajudiciais e judiciais de Engenharia Legal, adaptados por Pontes (2002).

### **3.1 Engenharia Diagnóstica e níveis de abordagem da investigação patológica**

Toda atividade profissional voltada para a investigação e solução de patologias construtivas, entre as quais as dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários, tem sido referida mais recentemente como Engenharia Diagnóstica, em analogia à área de especialização designada Medicina Diagnóstica.

Segundo Gomide e Fagundes Neto (2008), Engenharia Diagnóstica é a área da Engenharia Legal (adiante explicitada) que trata de criar medidas corretivas, preventivas e recomendações mediante diagnósticos, prognósticos e tratamentos, visando a qualidade predial total. Para estes autores, mais do que uma finalidade reabilitatória ou de recuperação do nível de desempenho adequado ao edifício ou a suas partes, a Engenharia Diagnóstica se volta para o restabelecimento das suas características funcionais embasada no conceito de qualidade. Para tanto, pode interagir no ciclo da construção nas fases de planejamento, projeto, execução e uso dentro de uma visão sistêmica, buscando a melhoria contínua. Sob o enfoque da prevenção à ocorrência de patologias construtivas, a “Engenharia Diagnóstica se vale da aplicação de um conjunto de ferramentas, desde a criação do edifício até a sua utilização, para evitar anomalias, falhas construtivas e obter a melhoria contínua” (GOMIDE e FAGUNDES NETO, 2008, p.13).

Apesar de não haver consenso a respeito, os profissionais que atuam na área da Engenharia Diagnóstica fazem distinção conceitual entre vistorias e inspeções.

Inspeção é definida pela NBR 5674 (ABNT, 1999; p. 2) como “avaliação do estado da edificação ou de suas partes constituintes, realizada para orientar as atividades de manutenção”. Esta conceituação, portanto, vincula a inspeção à atividade de manutenção predial. Na definição da NBR 13752 (ABNT, 1996a), exame é a inspeção realizada por um perito sobre pessoa, coisas móveis e semoventes, para verificação de fatos ou circunstâncias que interessem à causa.

O IBAPE-SP (2002) traz a mesma definição desta norma técnica para o termo “exame”, acrescentando que, quando feito em um bem, denomina-se vistoria. Para os especialistas deste Instituto, inspeção predial é entendida como uma vistoria da edificação para determinar suas condições técnicas, funcionais e de conservação que visa direcionar o plano de manutenção. Portanto, também associa inspeção à atividade de manutenção, conceituando vistoria como uma inspeção feita por técnico capacitado (exame) num bem imóvel. Mais precisamente, define vistoria como “constatação de um fato em imóvel, mediante exame circunstanciado e descrição minuciosa dos elementos que o constituem, objetivando sua avaliação ou parecer sobre o mesmo” (IBAPE-SP, 2007; p. 32)

Com este mesmo sentido, a NBR 14653-1 (ABNT, 2001; p. 5) traz a seguinte definição para vistoria; “Constatação local de fatos, mediante observações criteriosas em um bem e nos elementos e condições que o constituem ou o influenciam”.

Na atuação prática em edificações existentes, Gomide e Fagundes Neto (2008) propõem que os profissionais da Engenharia Diagnóstica tratem das incidências patológicas em cinco níveis progressivos de abrangência ou de aprofundamento: vistoria, inspeção, auditoria, perícia e consultoria, a seguir detalhados.

#### **a) Vistoria**

Para estes autores, vistoria é a constatação de um fato mediante exame circunstanciado e descrição minuciosa dos elementos que o constituem, sem a indagação das causas que o motivaram, enquanto inspeção é a análise de determinadas condições de produtos ou serviços de engenharia. Como exemplo, segundo eles, a vistoria pode resumir-se a um simples registro fotográfico de um problema para efeito de uma ação judicial de caráter preventivo (a exemplo da medida cautelar de produção antecipada de provas, antiga ação *ad perpetuam rei memoriam*).

Este também é o caso da chamada “vistoria de vizinhança”, em que as fotos no laudo de vistoria se destinam a descrever as características do imóvel tal como se apresentava no momento da visita técnica. Isto, para resguardar o proprietário contra possíveis efeitos adversos (trincas, recalques, etc.) de uma futura construção vizinha, causados, por exemplo, por rebaixamento de lençol freático, remoção de terra, estaqueamento, etc. Portanto, para Gomide e Fagundes Neto (2008), vistoria resume-se a um simples registro para reportar num laudo de vistoria predial aquilo que foi visto no local, sem qualquer informação adicional quanto a causas, origens, conseqüências, etc. relativas a manifestações patológicas verificadas.

#### **b) Inspeção**

Num segundo nível de abrangência do trabalho investigativo de patologias construtivas, os autores citados propõem a inspeção. Neste caso, ela compreende a vistoria, tal como descrita em a), acompanhada de uma análise sumária de cada um dos problemas constatados e registrados na visita técnica. O produto final desta atividade é um laudo de inspeção predial. Como exemplo, uma trinca constatada numa parede interna do edifício, além do registro fotográfico e descrição de qual parede, pavimento, etc. pertence, recebe uma análise descritiva mais detalhada, compreendendo a espessura média medida com um fissurômetro, sua direção predominante (vertical, horizontal, a 45°, etc.), entre outras. Entretanto, este nível de abordagem não trata da causa do fenômeno.

#### **c) Auditoria**

Os autores citados conceituam auditoria como consultoria ou análise de determinadas conformidades de produtos ou serviços de engenharia. É a inspeção (vistoria + análise sumária) acrescida de comparação com um padrão. Este pode ser um texto legal, regulamento ou norma técnica. Portanto, a abordagem da manifestação patológica ao nível de auditoria já entra no mérito da constatação de não conformidades. Neste caso deve ser citado ou mesmo parcialmente reproduzido o texto legal, regulatório ou normativo infringido no correspondente laudo de auditoria predial.

#### **d) Perícia**

É a realização da atividade que envolve a apuração das causas que motivaram determinado evento.

Na escala progressiva de abrangência da atividade de investigação patológica, a perícia é a auditoria acrescida da indicação da causa do problema ou diagnose.

### e) Consultoria

É a atividade de perícia abarcando ainda o prognóstico e a indicação do tratamento para a solução do problema, ou seja, a recomendação das medidas corretivas num laudo pericial que, em âmbito judicial, é designado parecer técnico, conforme adiante explicado.

Os cinco níveis de abordagem ou aprofundamento da investigação patológica propostos por Gomide e Fagundes Neto (2008) estão sintetizados na Figura 3.1.

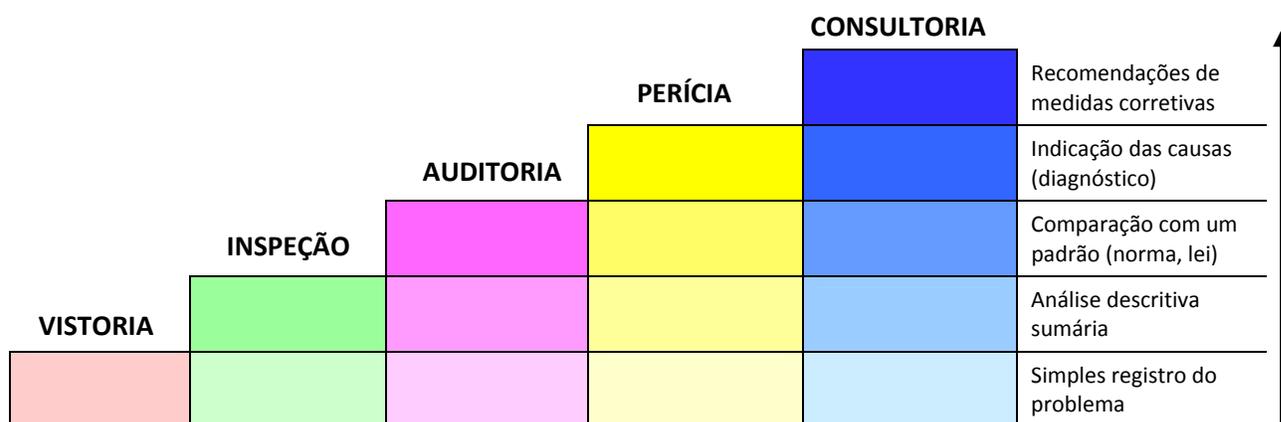


Figura 3.1 – Níveis sucessivos de abrangência da investigação patológica (Fonte: Adaptado de GOMIDE e FAGUNDES NETO, 2008)

Esta concepção de progressão cumulativa na contratação e elaboração de serviços de Engenharia Diagnóstica evidentemente só se dá mediante aplicação de metodologia apropriada. Como o nível de consultoria, conforme designado pelos autores citados, é o de maior profundidade e abrangência, o método requerido para a realização desse trabalho deve considerar todos os seus subníveis constituintes. Qualquer trabalho com nível de abrangência inferior a este requererá a aplicação de apenas partes ou etapas anteriores do método a empregar.

Assim sendo, por questão de generalidade, o método hierarquizado, cujas diretrizes são adiante propostas, versa sobre o mais elevado nível de abrangência de trabalho, englobando desde a vistoria de campo até as prescrições corretivas e preventivas e sua priorização. Havendo redução no escopo do trabalho em que for aplicado, as etapas supérfluas correspondentes deverão ser simplesmente desconsideradas. O mesmo se

aplica aos métodos correntes para avaliação de patologias construtivas em geral, como o Método de Lichtenstein, descrito a seguir.

### 3.2 O método de investigação patológica proposto por Lichtenstein

Para Lichtenstein (1985) grande parte dos problemas relacionados ao desempenho insatisfatório das edificações podem ser resolvidos desde que seja feita uma análise metodológica individualizada. A estrutura geral do método é mostrada na Figura 3.2.

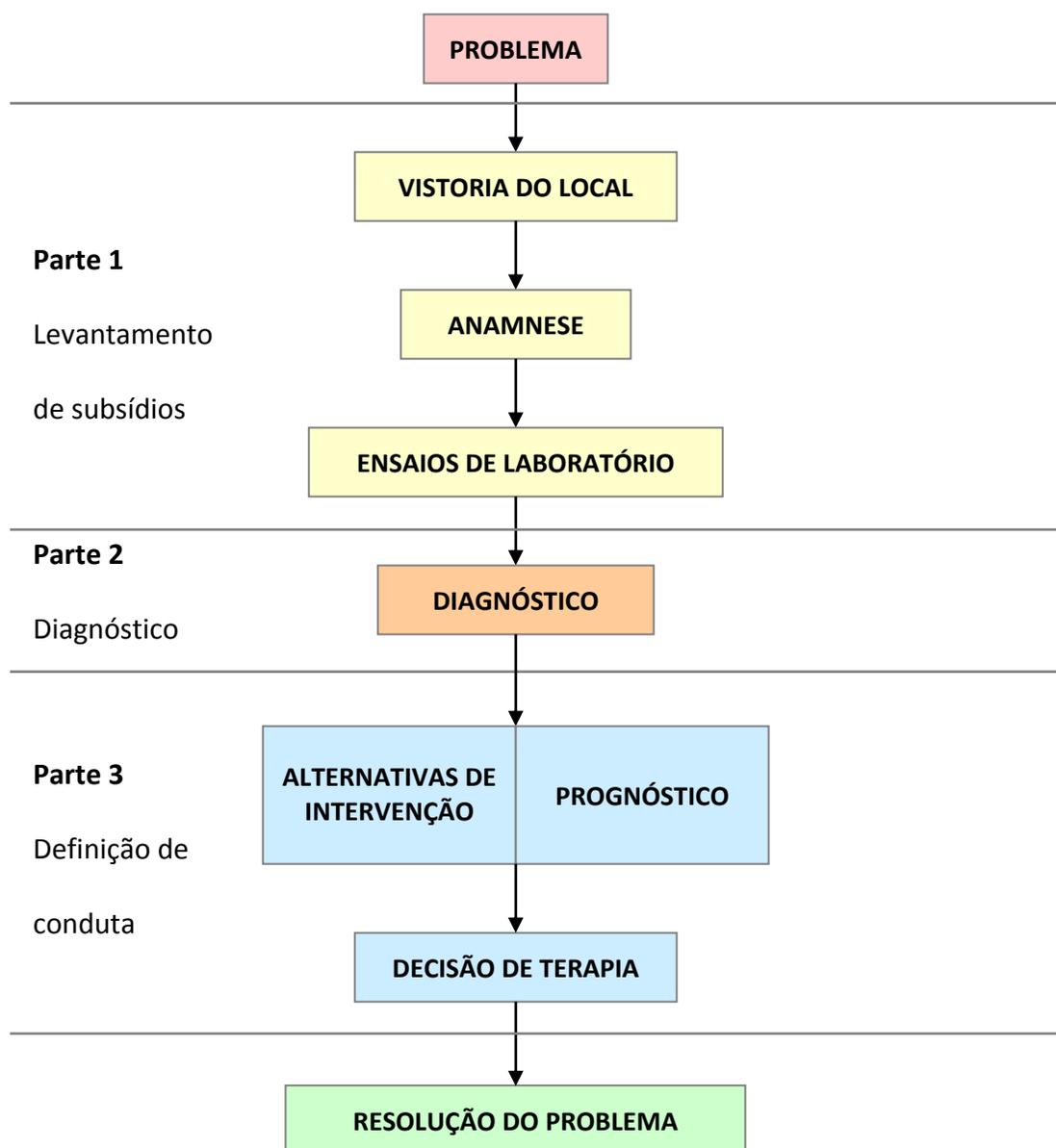


Figura 3.2 – Estrutura do método para a resolução de problemas patológicos proposto por Lichtenstein (1985)

Constatando à época a inexistência de uma metodologia universalmente aceita para este fim, este autor propôs um método de caráter geral para a avaliação de patologias construtivas, que ele próprio designou método genérico. Ele é constituído por três fases distintas: o levantamento de subsídios, o diagnóstico da situação e a definição da conduta, que se desdobram em etapas correspondentes a atividades investigativas e a medidas reabilitatórias, sintetizadas no diagrama da Figura 3.2.

A fase inicial de levantamento de subsídios corresponde ao acúmulo e organização das informações necessárias e suficientes para o entendimento completo dos fenômenos, e que podem ser obtidas mediante vistoria do local, levantamento da história do problema e do edifício (anamnese do caso) e resultado de análises e ensaios complementares. Na fase subsequente é realizado o diagnóstico da situação, a saber, o entendimento dos fenômenos em termos da identificação das múltiplas relações de causa e efeito que normalmente caracterizam uma patologia. No dizer de Lichtenstein (1985, p. 78), “o objetivo do diagnóstico é entender os porquês e os comos a partir de dados conhecidos”. Finalmente, a terceira fase é a da definição de conduta, na qual o objetivo genérico é prescrever o trabalho a ser executado para resolver o problema, incluindo a definição dos meios e a previsão das conseqüências em termos do desempenho final. Nesta fase é feito o prognóstico da situação, ou seja, são levantadas hipóteses da tendência de evolução futura do problema e as alternativas de intervenção acompanhadas das respectivas conseqüências.

O método proposto se desdobra num procedimento prático para a solução de patologias construtivas em geral. O primeiro passo, na fase de levantamento de subsídios, é a vistoria do local. Baseado na manifestação do problema, o vistoriador direciona a realização do exame utilizando os seus sentidos e determinados instrumentos específicos. Nesta primeira etapa são feitos os ensaios rápidos de campo que se mostrem necessários.

Dependendo do problema em foco e do técnico envolvido, é possível que, após o exame inicial, já se possa compreender o fenômeno ocorrido em sua totalidade. Portanto, em algumas situações já é possível fazer o diagnóstico com o resultado do exame inicial.

Nos casos em que os subsídios obtidos não se mostram suficientes, o segundo passo na procura de informações está relacionado com o levantamento da história do edifício e da história do problema em particular. Deste modo, realiza-se uma anamnese da situação.

Tais informações podem ser obtidas verbalmente, mediante questionamento de testemunhas, ou podem estar formalizadas em documentos como o diário de obra, notas fiscais de materiais e componentes, etc.

De posse destes novos subsídios, o investigador verifica se já é possível estabelecer o diagnóstico do problema. Caso as informações até então obtidas não se mostrem suficientes, fazem-se necessários ensaios e análises complementares. Os tipos de ensaios dependem da natureza do problema. Geralmente tais ensaios se destinam a dirimir alguma dúvida específica do pesquisador do problema.

Quando a impossibilidade do diagnóstico está vinculada a limitações no conhecimento técnico do investigador, é necessária uma pesquisa bibliográfica, exceto se se tratar de caso envolvendo a fronteira do conhecimento coletivo sobre o problema, em que a única alternativa é uma pesquisa científica ou tecnológica.

Na grande maioria dos casos, ressalta Lichtenstein (1985, p. 81), as informações até aí levantadas são suficientes para se estabelecer o diagnóstico. Pelo diagnóstico são identificadas as origens do problema, suas causas precisas, os fenômenos intervenientes e os seus mecanismos de ocorrência.

Uma vez compreendido o problema, segue-se a definição da conduta a seguir com relação ao problema, inicialmente lastreada pelo levantamento das alternativas de evolução futura dos fenômenos, ou seja, pelo prognóstico. A partir deste, define-se por uma das alternativas estudadas, com base na respectiva relação custo-benefício.

Dentre as possíveis alternativas está a de não intervenção deliberada, representando a decisão de aceitação da condição de desempenho insatisfatório face ao custo de uma eventual terapia. Esta, em geral, é de tecnologia conhecida e dominada, mas existem situações em que ela não está disponível, sendo antes necessário pesquisá-la e desenvolvê-la (Figura 3.3).

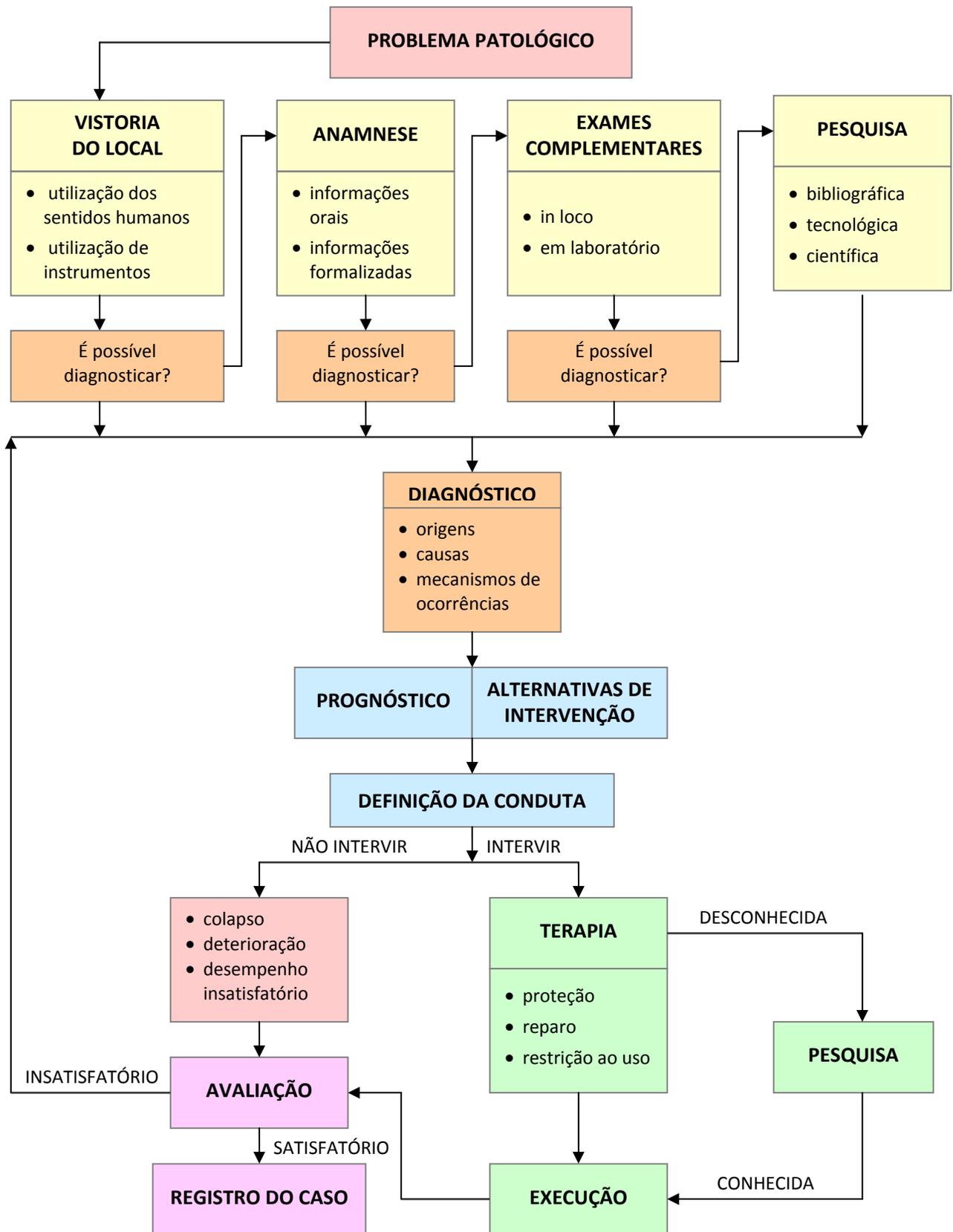


Figura 3.3 – Fluxograma de atuação para a resolução dos problemas patológicos (Fonte: LICHTENSTEIN, 1985)

O processo proposto pelo autor citado se encerra com a execução dos serviços prescritos, quando necessários, e com o registro do caso, este com fim de formalização do caso, útil para possíveis novas intervenções e também para a divulgação da experiência adquirida na solução do problema.

Lichtenstein (1985) ressalta que o método apresentado não é específico e nem restrito a algum tipo particular de problema patológico, porquanto, em suas linhas básicas, pode ser estendido à resolução de qualquer situação em que uma edificação não apresente desempenho satisfatório.

### **3.3 O método de investigação patológica proposto por Almeida**

Almeida (1994), com base na metodologia empregada em APO, desenvolveu um método para avaliação dos sistemas prediais em uso ou operação sintetizado na Figura 3.4, conceituando o termo “Avaliação Durante Operação” (ADO) em contrapartida à APO. Este método, em princípio desenvolvido para a avaliação do desempenho de componentes dos sistemas prediais e de seus subsistemas, pode ser empregado, com adequações, para a investigação de patologias em sistemas prediais hidráulicos e sanitários.

Cabe antecipar que o método de Almeida, sob a ótica desta particular aplicação, está fundamentalmente voltado para o diagnóstico de patologias já manifestas nos SPHS das edificações. Os seus resultados são direcionados para retroalimentar, na etapa que se mostrou deficiente, o ciclo da qualidade da construção civil mostrado na Figura 2.2: necessidades funcionais, planejamento, projeto, fabricação de materiais e componentes, distribuição e comercialização de materiais e componentes, execução, uso/operação e manutenção. O método de Almeida é constituído de seis etapas, a seguir descritas e sintetizadas no diagrama da Figura 3.4.

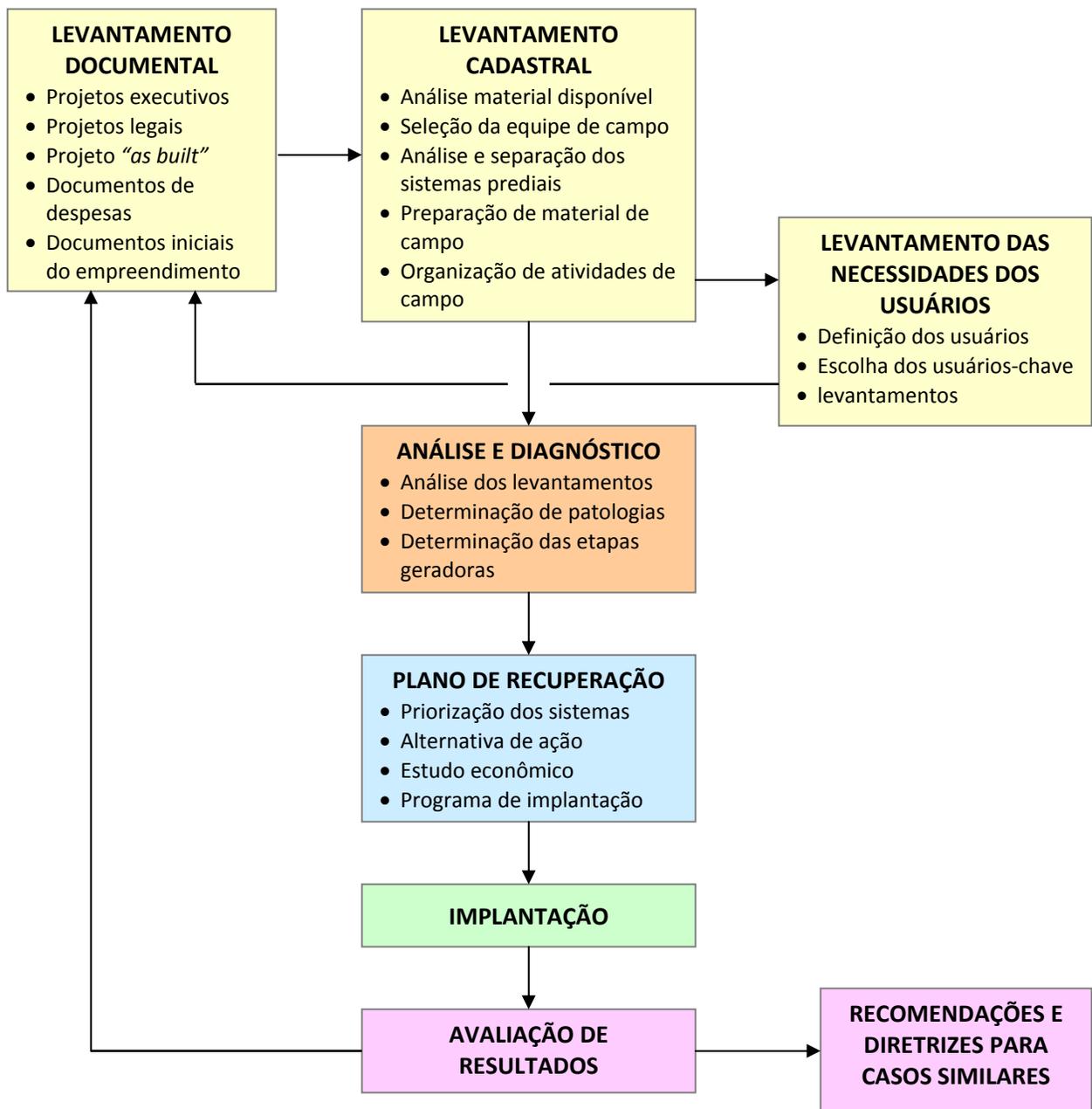


Figura 3.4 – Esquema de implantação da metodologia de ADO (Fonte: ALMEIDA, 1994)

### a) Levantamento documental

Visa obter o máximo possível de informações sobre a origem e vida da edificação em avaliação, úteis para as etapas posteriores de avaliação e diagnóstico. Esta etapa contempla o levantamento dos projetos executivos, legais e conforme construído (*as built*) do edifício, além de documentação contendo o registro de gastos com insumos prediais, como contas mensais de água potável, despesas com manutenção, etc.

## **b) Levantamento cadastral**

Visa obter dados de campo úteis para a análise e diagnóstico dos sistemas prediais em relação à sua efetiva utilização, confirmando ou não o atendimento às necessidades de uso. Serve ainda para se obter um perfil do tipo de utilização e solicitações destes sistemas durante as inspeções realizadas em campo. Esta etapa é constituída por um prévio planejamento, com os seguintes desdobramentos:

- pré-análise do material obtido na etapa anterior;
- seleção da equipe de campo;
- análise e separação dos sistemas prediais a serem cadastrados;
- preparo do material de campo;
- organização das atividades de campo.

Seguem-se então as visitas de campo para a coleta de dados.

## **c) Levantamento das necessidades dos usuários dos sistemas prediais**

Tem por objetivo a obtenção de dados dos usuários dos sistemas prediais sob a ótica da operação e o grau das instalações existentes, também úteis na etapa de análise e diagnóstico para verificação do nível de atendimento dos sistemas em face da utilização da edificação. Este levantamento engloba:

- definição dos usuários;
- escolha dos usuários-chave;
- levantamento das necessidades dos usuários;
- preparação do material de campo;
- organização das atividades de campo;
- aplicação e compilação dos dados.

São aplicados questionários diversos aos diferentes tipos de usuários: os da atividade-fim do edifício para se obter as deficiências presentes nos sistemas prediais, os usuários mantenedores e operadores dos sistemas prediais para se obter dados dos aspectos operacionais e de manutenção, etc.

#### **d) Análise e diagnóstico**

Esta etapa consiste na análise das informações até aqui obtidas. De posse dos dados levantados nas etapas anteriores, cada sistema predial é analisado para se determinar os respectivos problemas e deficiências, assim como as correspondentes origens. Estes problemas e deficiências podem ser, entre outros, patologias constatadas, satisfação dos usuários, possibilidade de economia com insumos, etc. Almeida (1994) inclui nesta etapa a análise e verificação do grau de interação entre os diversos projetos executivos do edifício, incluindo os respectivos critérios de cálculo adotados, possibilitando a constatação de falhas conceituais e erros processuais. Isto porque quanto menor tiver sido o grau de interação e compatibilização entre esses projetos, mais adequações foram requeridas na fase de execução e, em decorrência, maior a possibilidade do aparecimento de patologias.

A análise dos projetos legais pode indicar o comportamento do edifício em relação às exigências da legislação e regulamentos à época vigentes. A análise dos desenhos conforme construído dá a medida do grau de modificações sofridas pelos sistemas prediais durante a execução da obra. Já a análise dos documentos comprobatórios de gastos com insumos prediais possibilita o levantamento do histórico de consumo do edifício para constatação de possíveis vazamentos, por exemplo.

Ainda nesta fase, a análise dos dados obtidos no levantamento cadastral visa verificar a adequação dos dados de campo com os documentos e projetos originais da edificação. Isto permite o delineamento dos perfis de utilização dos sistemas prediais e sua capacidade de fazer frente às necessidades dos usuários. Por sua vez, essa análise possibilita a detecção e caracterização de patologias, a detecção de deficiências na infraestrutura predial e na operacionalidade e manutenibilidade dos sistemas prediais.

#### **e) Plano de recuperação**

Esta etapa tem por finalidade classificar as patologias constatadas nos diferentes sistemas prediais, segundo sua importância para a atividade-fim do edifício e o atendimento às necessidades dos usuários, a saber: ações emergenciais, ações de adequação e ações especiais. Segue-se então um estudo econômico das alternativas e estimativa do horizonte de retorno dos investimentos a realizar, considerando a consequente redução de despesas nos insumos prediais.

Tais ações possibilitam esquematizar um plano de recuperação desses sistemas. Para tanto, Almeida (1994) aponta duas vertentes a considerar: a evolução tecnológica, a saber, a variação temporal das condições técnicas de uso e operação predial e a obsolescência/envelhecimento. Esta reflete a variação temporal do desempenho dos componentes e subsistemas do edifício, segundo a necessidade dos usuários. Este pesquisador ainda distingue as possibilidades de intervenção proporcionalmente ao nível tecnológico considerado:

- RESTAURO: retorno dos sistemas prediais à condição que apresentavam quando novos;
- ADEQUAÇÃO: adequação tecnológica dos sistemas prediais mediante estudo detalhado da relação custo-benefício;
- MODERNIZAÇÃO: dotação dos sistemas prediais do edifício do nível tecnológico possível de ser obtido na data da intervenção.

#### **f) Avaliação de resultados**

Trata-se da comparação dos resultados obtidos com aqueles inicialmente esperados, visando a garantia da qualidade das intervenções. Também se presta à retroalimentação do processo, com o estabelecimento de diretrizes na geração de novos edifícios para prevenir contra a ocorrência das patologias mais freqüentes, em particular pela criação de um banco de dados e elaboração de manuais técnicos.

### **3.4 O método de investigação patológica proposto pelo CIB**

A Comissão de Trabalho W086 do CIB - *Building Pathology Working Commission* – apresentou um método geral de investigação e solução de patologias construtivas na publicação *Building Pathology a state-of-the-art report* (CIB, 1993) a seguir detalhado e comentado (Figura 3.5). Considerando as naturais divergências semânticas existentes nas acepções das diferentes formas de patologias, objeto de definição em 2.7.1, o método do CIB será a seguir exposto conservando a sua terminologia característica, respeitando o texto original, a cada caso seguida da correspondência adotada neste trabalho, colocada entre parênteses.

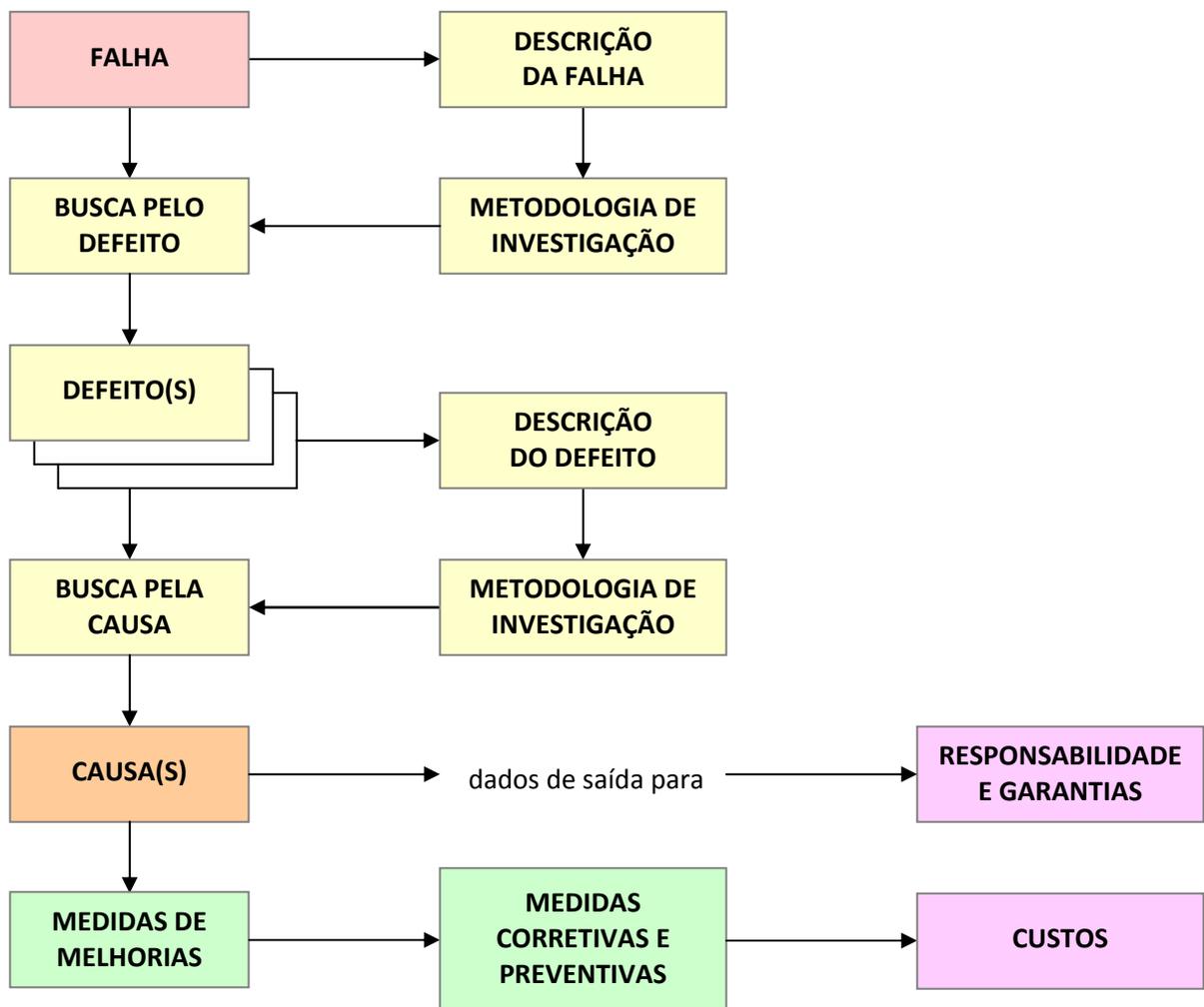


Figura 3.5 – Método de investigação e solução de uma dada patologia construtiva proposto pelo CIB  
(Fonte: CIB, 1993)

Diversamente do método de Lichtenstein (1985), que traduz uma visão tradicional e práticas consagradas pelo uso à época entre profissionais da área de Patologia das Construções no país, e do método de Almeida (1994), lastreado nas práticas de APO, o método proposto pelo CIB está fundamentado na visão de desempenho sintetizada em 2.3.

Por questão de generalidade em sua aplicação, o método parte do pressuposto da existência de uma falha (*failure*), entendida como esgotamento ou fim da capacidade de um componente de desempenhar uma função pretendida. A falha pode ser consequência de um ou mais defeitos (*defects* = vícios), situação em que um ou mais componentes não desempenham as funções pretendidas. O CIB (1993) entende que defeito implica no descumprimento a alguma norma ou padrão pré-estabelecido. Também ressalva que um defeito (vício) pode levar, de algum modo, a uma situação em que uma função específica

requerida do componente possa não mais ser atendida. Portanto, um defeito (vício) pode levar a uma falha, porém defeitos (vícios) podem acontecer sem que representem falhas.

Considerando que um defeito (vício) é uma anomalia perceptível pelos sentidos, o próximo passo do método é a determinação da(s) causa(s) e da(s) medida(s) que evita(m) ou remedia(m) o defeito (vício). Isto envolve desde um simples relatório ou laudo até a consulta a um sistema especialista (CAMPANTE, 2001) ou uma investigação mais aprofundada. Qualquer que seja o procedimento, duas coisas são importantes considerar. Em primeiro lugar, segundo o CIB (1993), deve haver uma descrição clara e precisa do defeito (vício). Em segundo lugar, deve ser empregado um método adequado à investigação da patologia que conduza à(s) causa(s) mais provável(is).

Um método adequado, neste caso, pressupõe suficiente experiência do investigador e um mecanismo de dedução. Portanto, a metodologia de investigação varia conforme a patologia em questão. Pode-se, por exemplo, lançar mão de uma breve lista de verificação (*checklist*) ou, num caso extremo, recorrer ao mecanismo de inferência de um sistema especialista (CAMPANTE, 2001). Um recurso intermediário sugerido pelo CIB (1993) é o uso da análise de árvore de erros (*falts*).

Estes recursos mais avançados, originalmente desenvolvidos para aplicações na área industrial e apropriados pelo CIB em seu método, não serão explorados neste trabalho por não se adequarem bem aos SPHS, cujo nível de tratamento não requer, em geral, aprofundamentos em tal grau. Maiores detalhes acerca deles podem ser encontradas em Campante (2001) e no próprio CIB (1993).

A respeito da metodologia de investigação patológica previsto no diagrama da Figura 3.5, o CIB (1993) ressalta que existe certa diversidade de processos e métodos investigativos. Entretanto, eles são altamente dependentes da experiência e ponto de vista do investigador, além, obviamente, da natureza do defeito (vício). Por tal motivo, para defeitos (vícios) idênticos, diferentes investigadores podem adotar formas diversas de tratar o assunto e, por vezes, chegar a conclusões distintas! Com o fito de evitar situações que levem à diversidade de conclusões para determinados sintomas de um defeito (vício), esta organização (CIB, 1993) propõe um processo de investigação relativamente básico, que, segundo ela, representa a essência de um modo sistemático de atuação. Este procedimento segue na Figura 3.6.

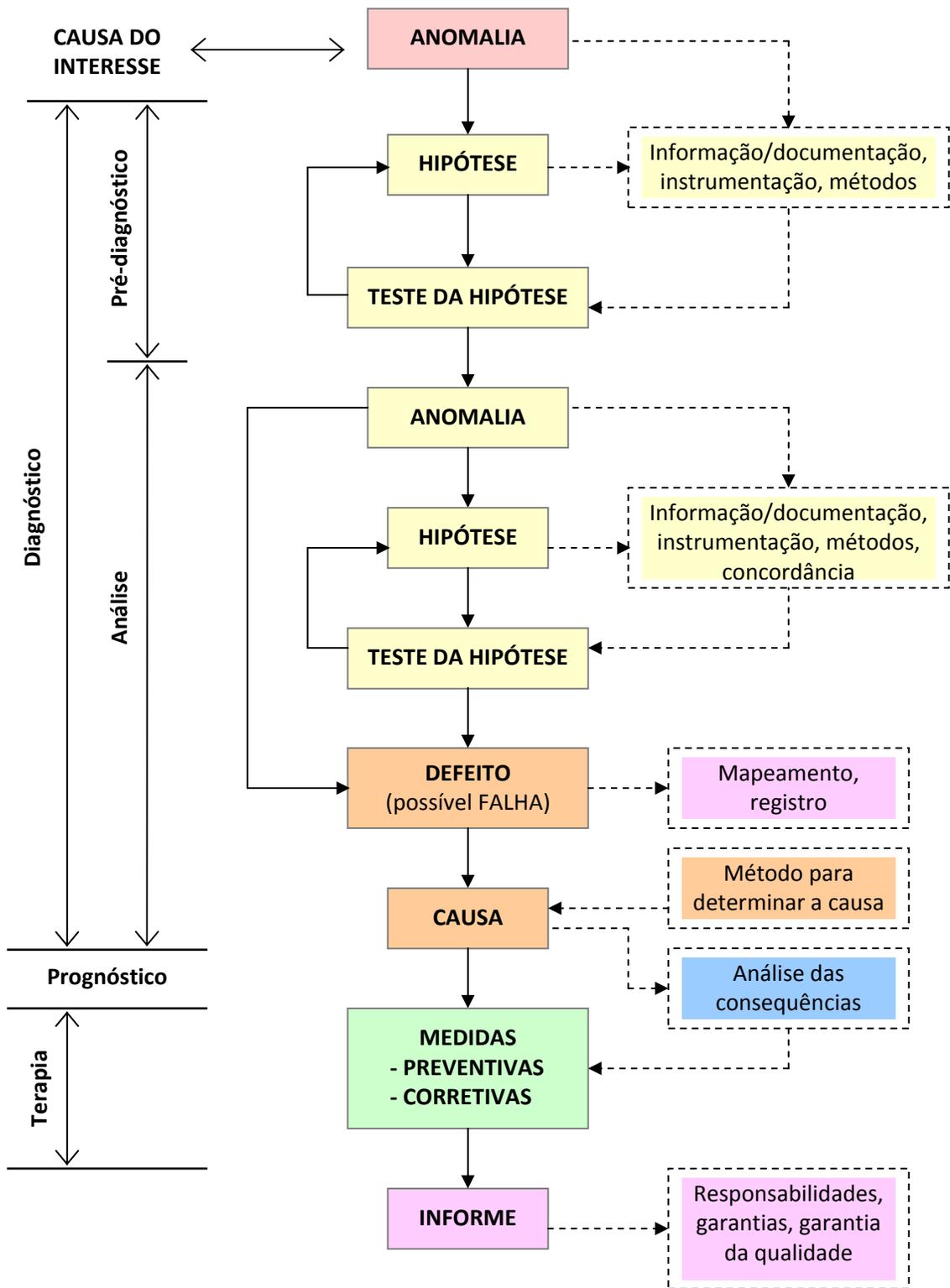


Figura 3.6 – Método de investigação de patologias construtivas proposto pelo CIB (Fonte: CIB, 1993)

Este diagrama sintetiza todos os elementos lógicos que desempenham diferentes papéis no diagnóstico e análise das patologias, ou seja, traz os passos lógicos do processo investigativo. Nele “anomalia” comparece duas vezes, indicando que indícios e sintomas primeiro observados no estágio de pré-diagnóstico podem nem sempre ser indicadores confiáveis e devem ser sempre verificados na etapa subsequente: a de diagnóstico. Assim como os dois outros métodos anteriormente apresentados, o método proposto pelo CIB (1993) admite diferentes variações, dependendo do objetivo e características da investigação empreendida.

### **3.5 Considerações sobre métodos gerais de investigação e solução de patologias construtivas**

Tendo em vista a proposição de diretrizes para a elaboração de um método hierarquizado para investigação e solução de patologias em sistemas prediais hidráulicos e sanitários, é útil comparar, em linhas gerais, os três métodos de aplicação genérica apresentados. Isto permite constatar procedimentos e etapas assemelhados ou complementares. Propositamente para tanto, foram empregadas idênticas cores nos blocos dos diagramas dos três métodos para etapas similares (Figuras 3.2 até 3.5).

Uma primeira etapa se refere à **identificação** da patologia, independente da sua natureza ou forma de manifestação. Há casos em que o investigador é chamado a iniciar a aplicação do método que lhe é peculiar para uma patologia manifesta previamente identificada por terceiros, geralmente por meio dos sintomas característicos. Entretanto, em outros, ele próprio, suposto especializado e experiente, reconhece a existência de uma patologia já manifesta, porém ainda não notada por leigos no assunto, técnicos ou não. Todavia, costuma ser da iniciativa do próprio investigador identificar as patologias latentes e não conformidades, dado que os seus sintomas ainda não se fizeram manifestar. O método de Almeida (1994), baseado em APO, prescinde desta etapa inicial, provavelmente porque, em geral, a iniciativa da APO não parte dos usuários dos SPHS.

A segunda etapa destes métodos consiste em **levantamentos de dados** acerca da patologia identificada, por meio da aplicação de questionários às pessoas que tiveram contato com o problema, vistorias ao local, exames de laboratório, ensaios expeditos no local, etc.

Esta etapa, portanto, congrega todas as atividades relevantes e necessárias para o estabelecimento seguro do diagnóstico, a etapa subsequente. Deste modo, a fase de levantamento de dados pode já permitir a formulação de hipóteses ou conjecturas sobre a causa ou causas da patologia investigada. Portanto, o objetivo desta etapa está na busca por evidências que permitam passar para a etapa subsequente: a do diagnóstico.

O método proposto pelo CIB (1993) subdivide a etapa de levantamento do problema em duas sub-etapas: a de pré-diagnóstico e a de análise. Tal subdivisão é feita com a intenção do investigador poder se assegurar sobre a natureza da patologia em estudo, até chegar ao levantamento de conjecturas que permitam estabelecer a causa ou causas do problema e evitar posteriores equívocos. Já o método de Lichtenstein (1985) subdivide a etapa de levantamentos em níveis consecutivos de aprofundamento investigativo e neles avança, até que tal intento aconteça: vistoria → anamnese → exames complementares → aprofundamento da pesquisa do problema.

Nos três métodos gerais em comparação, a etapa estratégica é a terceira, o coração de cada método, que é o estabelecimento do **diagnóstico** e determinação da **causa** ou causas da patologia em estudo. Isto feito, passa-se para a quarta etapa, que congrega uma **definição de conduta** entre intervir ou não, as **alternativas de intervenção**, um **prognóstico** sobre a reabilitação ou recuperação e avaliação das **consequências** da decisão de não intervir. A quinta etapa nos três métodos trata justamente da proposição da **terapia** ou remediação do problema com vista à sua solução, consistindo na recomendação de **intervenções corretivas** para patologias manifestas e de **medidas preventivas** para patologias latentes e não conformidades, e como **profilaxia** contra eventual nova incidência da patologia em questão na mesma edificação. Finalmente, a sexta etapa envolve ações subsequentes à solução do problema, como o **registro do problema** sanado, definição de **responsabilidades** e **retroalimentação** como forma de prevenção contra novas incidências da mesma patologia em situações semelhantes à investigada.

Com vistas à estrita aplicação a patologias em SPHS destas etapas comuns aos métodos gerais apresentados, faz-se, de antemão, algumas ressalvas que balizarão a adequação deles à finalidade pretendida com o método hierarquizado. Elas se referem principalmente a algumas questões de ênfase ou a inadequações aos SPHS de certas ações ou atividades integrantes desses métodos, a saber:

**a) Não explicitação da atividade de identificação dos sintomas de manifestações patológicas.**

Esta atividade, mais adiante designada sintomatologia, é aplicável somente para as patologias manifestas e contribui para a formulação do diagnóstico das causas de anomalias em SPHS. Esta etapa, omissa no método de Almeida (1994) e pouco enfatizada no método geral de Lichtenstein (1985), sequer é destacada no método do CIB (1993). Ela decorre tanto das vistorias realizadas nas partes visíveis e acessíveis de componentes dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários, quanto de anotações feitas em questionários padronizados preenchidos por moradores ou usuários destes sistemas. Também é consequente de relatos verbais, na forma de entrevistas não estruturadas, de funcionários do edifício e outros intervenientes relacionados à manutenção predial (empregados de empresas de manutenção e reparos hidráulicos, síndico, administradora do edifício, etc.) em se tratando de falhas.

**b) Ênfase na utilização de instrumentação e realização de exames e ensaios de laboratório.**

Tais procedimentos, muito enfatizados no método de Lichtenstein (1985) e integrantes da metodologia de investigação e testes de hipóteses no método do CIB (1993), não são de aplicação prática aos componentes dos SPHS para a formulação do diagnóstico.

Diversamente de outras áreas da Patologia das Construções, como Patologia do Concreto, Patologia de Argamassas, etc., os sistemas prediais hidráulicos e sanitários não permitem a extração de amostras de componentes para exames laboratoriais, exceto a análise da qualidade físico-química e microbiológica da água potável.

Os únicos equipamentos práticos de uso expedito nas inspeções, e de aplicação restrita, são as hastes de escuta, os geofones e suas variantes, restritos à prospecção de vazamentos em trechos ocultos de tubulações operando como condutos forçados. Em geral não é viável, durante as inspeções, a instalação de aparelhos de medição em pontos de interesse das tubulações, tais como termômetros, manômetros, hidrômetros, medidores de vazão, etc. Situações mais críticas requereriam a instalação de sensores eletrônicos digitais de pressão, temperatura, vazão, etc. acompanhados de equipamentos sofisticados e caros, como osciloscópios e *data loggers*, entre outros.

Deste modo, o diagnóstico de patologias e o levantamento de não conformidades em SPHS têm sido feitos principalmente a partir de inspeções visuais às partes acessíveis e mediante análise comparativa dos respectivos projetos.

### **c) Omissão ou pouca ênfase à análise dos projetos executivos**

Quando disponíveis, os projetos executivos são, por vezes, fundamentais para a identificação de problemas e não conformidades e para a determinação de suas causas.

Nesta etapa, as tubulações e seus componentes, equipamentos e aparelhos sanitários existentes são confrontados com as contrapartidas previstas nos respectivos projetos executivos. Isto ocorre com a intenção de se levantar eventuais divergências de traçado, de dimensões ou capacidades indicadas, de materiais empregados, etc. As soluções previstas nesses projetos são, a seguir, confrontadas com as recomendações, prescrições, exigências, proibições, critérios e requisitos de desempenho presentes em normas técnicas correlatas da ABNT. Também são confrontadas com legislação aplicável e regulamentos de órgãos fiscalizadores com jurisdição local e companhias concessionárias, vigentes à época da sua elaboração, e durante a construção do edifício. Tais ações visam o levantamento de não conformidades que podem favorecer o diagnóstico de patologias manifestas e latentes. Também podem determinar recomendações preventivas contra o futuro aparecimento de novas patologias nos SPHS da edificação.

Na fase de análise dos projetos executivos do edifício, são verificados os dimensionamentos de tubulações e equipamentos de interesse que possam guardar relação com sintomas patológicos relatados ou constatados. Os resultados desta atividade investigativa geralmente permitem uma clara antecipação e descrição de potenciais problemas a se manifestarem no edifício, que serão reportados no correspondente laudo técnico. Além disto, os resultados da análise dos projetos são cruzados com as respostas dos questionários e entrevistas não estruturadas, buscando-se associações e correlações entre os sintomas anotados e as não conformidades sistêmicas e normativas constatadas nos desenhos. Isto permite estabelecer um diagnóstico das causas comprovadas ou prováveis das patologias verificadas, latentes ou potenciais. Tais recursos, todavia, não estão devidamente contemplados no método de Lichtenstein (1985), que apenas sumariamente cita a análise dos projetos, sem detalhar a técnica a ser empregada, o mesmo ocorrendo com o método do CIB (1993).

Neste caso, a exceção fica por conta do método de Almeida (1994), que considera a análise dos projetos como integrante da etapa de levantamento documental.

#### **d) Ausência da etapa de profilaxia**

Com base em não conformidades constatadas e antecipação da possibilidade de ocorrência de problemas a elas associados, são recomendadas ações preventivas contra o seu futuro aparecimento na edificação. O método proposto pelo CIB (1993) é o único que explicita adequadamente este aspecto.

Esta etapa também é útil para, com base nas patologias manifestas e potenciais levantadas, permitir uma divulgação cautelar ou uma retroalimentação ao interveniente do ciclo da construção civil responsável pela causa. Isto com a intenção de coibir, por meios adequados, a sua incidência em novas edificações a construir.

### **3.6 Emprego dos métodos de investigação patológica em Engenharia Legal**

Os métodos gerais de avaliação de patologias construtivas têm sido empregados aos SPHS com diferentes finalidades, entre as quais as atividades de Engenharia Legal, definida em 3.6.1.

Não raro, profissionais da área são solicitados a vistoriar os sistemas prediais hidráulicos e sanitários de edificações que apresentam patologias manifestas ou potenciais e não conformidades para a emissão de um parecer técnico. Este tem a finalidade de apontar as origens de tais problemas, as suas causas, o seu processo de manifestação, as conseqüências para os usuários e o edifício, e prescrever medidas corretivas e intervenções preventivas.

Quando um determinado edifício apresenta uma patologia específica já instalada, com sintomas aparentemente relacionados a um dado subsistema predial hidráulico ou sanitário, e se pretende uma orientação técnica especializada para a solução tão somente desse problema em particular, o serviço a ser prestado resulta na emissão de um relatório detalhado. Este é costumeiramente designado “parecer técnico” quando decorrente da avaliação de uma patologia ou não conformidade com finalidade extrajudicial.

Isto ocorre porque no âmbito judicial o termo “parecer técnico” tem conotação diversa, adiante explicitada. Este parecer sempre reflete uma opinião técnica ou postura do seu autor para com a solução ou prevenção de uma dada patologia real ou potencial.

Como exemplo (Figura 3.7), este é o caso típico de um edifício cuja tubulação original de recalque de água fria, de aço carbono galvanizado, depois de oito anos em uso apresentou vazamentos nas costuras de diferentes segmentos de tubos em cinco ocasiões distintas, em andares consecutivos.

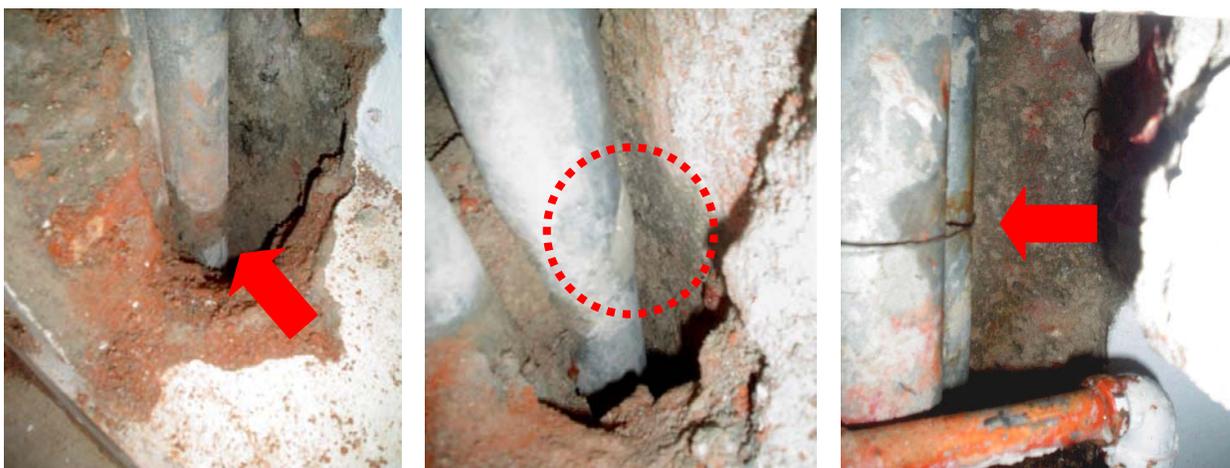


Figura 3.7 – Aberturas exploratórias em diferentes locais de um *shaft* não visitável revelando pontos de vazamento na costura de tubulação de aço galvanizado para recalque de água potável

O relatório emitido ofereceu uma definição de conduta ou postura técnica (“parecer técnico”) do autor quanto à suposição inicial de se tratar de um problema localizado, restrito a duas ou três barras de tubo com imperfeições de fabricação que, supostamente substituídas, resultariam em completa estanqueidade. Neste caso exemplificado, a tubulação de recalque já apresentava um grau suficientemente elevado de comprometimento por corrosão interna nas costuras, a ponto de requerer total substituição, recomendação que fundamentou o parecer técnico.

Não sem razão, a NBR 13752:1996 (ABNT, 1996; p. 4) define parecer técnico como “opinião, conselho ou esclarecimento técnico emitido por um profissional legalmente habilitado sobre assunto de sua especialidade”.

Em contrapartida, quando um edifício apresenta certa diversidade de patologias e não conformidades em seus sistemas prediais hidráulicos e sanitários, esta situação pode exigir um serviço mais amplo.

Nesta segunda modalidade de serviço de caráter extrajudicial, o escopo não se restringe ao problema mais evidente e que maior incômodo causa aos usuários dos SPHS. Ele tem a pretensão de abranger a totalidade das anomalias verificadas por ocasião de sua realização. Também deve incluir patologias ainda passíveis de ocorrer com o tempo ou cujos sintomas ainda não se manifestaram com freqüência ou intensidade suficientes para causar aborrecimentos, desconfortos ou sensíveis prejuízos econômicos.

Esta atividade técnica resulta então num relatório mais amplo e diversificado do que o parecer técnico, pois não se atém, como este, a um problema manifesto em particular, mas procura abarcar a totalidade das irregularidades verificadas em vistorias de campo e análise técnica dos respectivos projetos executivos dos SPHS, quando disponíveis. Ele pode ser estruturado de forma similar à de um parecer técnico, porém subdividido em vários pareceres integrados, um para cada patologia presente ou não conformidade constatada.

Quando realizado com finalidade extrajudicial, este texto é comumente designado “laudo técnico”. É a esta modalidade que o presente trabalho remete, uma vez que foi a adotada nos 25 edifícios residenciais alvo de replicação das diretrizes para a formulação do método hierarquizado proposto.

O termo “laudo técnico” em tais casos é de emprego corrente e usual, e mesmo informal, uma vez que em perícias judiciais esta terminologia tem conotação diversa (adiante explicada). Este laudo, para fins extrajudiciais, destina-se a servir de roteiro técnico orientativo de ações corretivas e reparos necessários para restaurar ou reabilitar o desempenho de componentes, equipamentos ou subsistemas dos SPHS da edificação. Em síntese, ele é voltado para recuperação e conservação predial.

Cabe lembrar que a elaboração de um simples parecer ou a de um laudo técnico é a etapa conclusiva de um prévio processo investigativo sistematizado, para o qual foi necessariamente empregado algum método de investigação patológica disponível, tal como o desenvolvido por Lichtenstein (1985) ou o oferecido por Almeida (1994).

Entretanto, os profissionais desta área são às vezes solicitados a realizar vistorias e elaborar relatórios com a finalidade de elucidar querelas técnicas relacionadas a ações judiciais, atuando como auxiliares da Justiça na função de peritos judiciais designados por juiz togado.

Nestes casos, as partes envolvidas, tanto a ré na ação quanto a autora proponente do processo judicial, costumam igualmente assessorar-se de profissionais da área, designados “assistentes técnicos”. Estes têm a função de acompanhar o perito judicial em suas vistorias aos SPHS do edifício em questão e de lhe propor quesitos técnicos relativos às não conformidades e patologias constatadas. Os quesitos e correspondentes respostas integrarão o processo judicial e servirão de elementos auxiliares para o veredito do juiz na ação. Tem-se, neste caso, a elaboração de laudo pericial por parte do perito do Juízo, a formulação de quesitos técnicos e de eventual laudo divergente por parte dos assistentes técnicos das partes, relativos a problemas verificados ou associados aos SPHS do edifício.

De forma similar aos laudos e pareceres técnicos extrajudiciais, o processo prévio de investigação patológica numa perícia judicial também é exemplo do emprego de algum método corrente, como o do CIB (1993), o de Lichtenstein (1985) ou o de Almeida (1994).

### **3.6.1 Perícia judicial - laudo pericial**

Os métodos correntes de investigação e solução de patologias construtivas encontram aplicação dentro da área de atuação tecnológica atualmente designada “Engenharia Legal”. Este termo, de emprego recente no meio técnico, decorre de uma inevitável associação do edifício a um organismo vivo e, portanto, sistêmico. É frequente a adoção de jargão médico nesta típica atividade de Engenharia. Isto ocorre a começar da própria temática (“patologia”) e seus desdobramentos: “anamnese”, “sintomatologia”, “exame”, “diagnóstico”, “prognóstico”, “terapêutica”, “profilaxia”, “tratamento”, etc.

O Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo (IBAPE-SP, 2007), de forma ampla, conceitua Engenharia Legal como a arte de aplicar conhecimentos científicos e empíricos em vistorias, inspeções e perícias dos diversos ramos da Engenharia para elaborar laudos que atendam as normas técnicas e a legislação. Portanto, para este órgão, a finalidade deste ramo da Engenharia é a elaboração de laudos.

Entretanto, o conceito de Engenharia Legal tem sido empregado de forma mais restrita, a exemplo da definição dada pela NBR 13752:1996 (ABNT, 1996; p. 4): “ramo de especialização da Engenharia dos profissionais registrados nos CREAs que atuam na interface Direito-Engenharia, colaborando com juízes, advogados e as partes para esclarecer aspectos técnico-legais envolvidos em demandas”.

A NBR 14653-1 (ABNT, 2001; p. 4) traz a seguinte definição para Engenharia Legal: “parte da engenharia que atua na interface técnico-legal envolvendo avaliações e toda espécie de perícias relativas a procedimentos judiciais.”

Em Gomide (GOMIDE, 2002), Engenharia Legal é entendida simplesmente como o ramo de atuação que trata da interface entre a Engenharia e o Direito. Para esse autor, esta esfera do conhecimento tecnológico não tem sido suficientemente abordada no meio acadêmico. Menos ainda ela figura na literatura técnica e, via de regra, não tem constado dos programas formais de graduação das escolas de Engenharia do país.

Fiker (2005) ressalta que não existem disciplinas nas escolas de Engenharia que ensinem a elaborar laudos. Para este autor, enquanto as faculdades de Direito não se interessam pelo assunto, embora dediquem dois anos para a disciplina Medicina Legal, sequer conhecem o termo Engenharia Legal, apesar desta representar um campo de aplicações comparativamente muito mais amplo para os advogados. Para ele é a parte da Engenharia que auxilia o juiz na produção da prova pericial.

Portanto, esta é a esfera de atuação de profissionais de Engenharia como auxiliares da Justiça, realizando um serviço útil à sociedade que envolve sua atuação como peritos do Juízo ou como assistentes técnicos das partes, na elaboração de laudos periciais, pareceres técnicos, quesitos técnicos e laudos divergentes. Para a realização bem sucedida destas funções, não há como se prescindir de um método adequado de trabalho, ainda que cada profissional acabe por ajustar algum método geral ao seu proceder pessoal.

Pontes Filho (2002) apresentou o seu método para elaboração de laudos periciais sobre defeitos em revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios. Martins (2004) valeu-se de uma metodologia própria para a elaboração de laudo pericial em revestimentos cerâmicos.

Springer (2005) ofereceu uma metodologia para a realização de prova pericial de defeitos da impermeabilização em edificações, ao passo que Fagundes Neto (2007; 2008) também se utilizou de um método pessoal devidamente adaptado para a investigação de manifestações patológicas em sistemas de pintura látex de fachadas.

Sem entrar em detalhes em tais métodos dos autores citados, por se referirem a aplicações diversas dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários, constata-se serem nada mais do que adequações, particularizações ou aproveitamentos parciais de métodos

tradicionais de investigação e solução de patologias construtivas em geral, como o de Lichtenstein (1985) e o método oferecido pelo CIB (1993).

Para exemplificar esta assertiva, segue descrito o método de atuação de perito do Juízo e de envolvimento de assistentes técnicos de partes conflitantes em ações judiciais empregado por Pontes (2002) na elaboração de laudo pericial sobre defeitos em revestimentos de argamassa.

Via de regra, a seqüência das atividades do perito judicial segue um processo relativamente invariável, sendo necessária uma prévia descrição do rito jurídico processual até a sua entrada em cena para então expor o método utilizado por Pontes.

### **3.6.2 Início do processo judicial e necessidade de prova pericial**

Um processo judicial, num exemplo específico em que o objeto é uma edificação de construção recente ou suas partes, se inicia geralmente depois de esgotados todos os meios de reivindicações formulados pelo adquirente junto à incorporadora e/ou construtora. Isto porque o interessado faz as suas reivindicações em decorrência de deficiências ou defeitos (manifestações patológicas) que usualmente acontecem no decorrer do uso do imóvel, em particular ao longo dos primeiros anos de ocupação. Quando este não é o principal motivador, reivindica o não cumprimento do que foi proposto no memorial descritivo por ocasião da transação imobiliária de compra do bem.

Muitas vezes a incorporadora e/ou construtora tende a resolver os problemas alegados mediante soluções paliativas de caráter essencialmente procrastinatório. Isto até que transcorram os prazos legais de garantia, especialmente os prescritos no Código de Processo Civil (GRANDISKI, 2007a; 2007b).

Se reclamações formuladas diretamente ou por via extrajudicial não forem resolvidas pelo empreendedor, o adquirente acaba por dar início formal a um processo de reclamação por meio de mecanismos judiciais. Ele se dá mediante ação ordinária, com o devido respaldo jurídico de advogado de sua confiança, que elabora uma petição inicial ao juiz.

Maia Neto (2003, 2005) enfatiza que, ao se iniciar uma ação judicial, as partes que entram em disputa seguramente o fazem com a convicção de que têm a razão.

A finalidade do processo que se instaura é justamente dá-la a quem de direito. Isto ocorre sob a premissa, que consagra esta prática, de se tratar de um instrumento que o Estado põe à disposição dos litigantes para administrar justiça. Visando cumprir fielmente esta tarefa, é de se supor que o julgador tenha amplo conhecimento dos dispositivos legais a serem aplicados na realização do ideal de distribuir justiça. Quanto aos fatos em discussão, todos se voltam para a busca da verdade, o que se faz mediante produção de provas, recurso aceito como o mais correto de sua verificação.

A prova pericial ocorre todas as vezes que o juiz não for por si só suficientemente apto para a averiguação dos fatos, quer por ausência de conhecimentos técnicos, quer pela impossibilidade de colher os dados necessários. Nesta ocasião, este trabalho é por ele delegado a ser delegado a um profissional entendido na matéria, através de perícia. Esta conceituação pressupõe que a análise da matéria exige conhecimentos técnicos ou científicos oriundos de formação acadêmica e experiência profissional que permitem plena elucidação das questões dos querelantes.

Neste contexto, perícia judicial é uma prova admitida no processo que se destina a levar ao juiz elementos relativos a fatos que carecem de conhecimentos técnicos, podendo consistir numa declaração de ciência, na afirmação de um juízo ou ambos. Para tanto, mais do que um profissional legalmente habilitado e idôneo (IBAPE-SP, 2002), o perito deve ser um especialista nos assuntos que são objeto do processo judicial e estar plenamente apto a responder aos quesitos formulados pelos assistentes técnicos das partes.

Segundo Springer (2005), a palavra *perito* corresponde a douto, autoridade em determinado assunto, instruído, versado, sabedor, experimentado, prático, bem como aquele que se especializou em determinado ramo de atividade ou assunto, ou ainda, que tem experiência ou habilidade em determinada atividade. Maia Neto (2003, 2009) esclarece que *perito* é uma palavra proveniente do latim *peritus*, formada do verbo *perior*, que significa experimentar, saber por experiência. Disto se explica a função do perito, sujeito ativo da perícia, que exerce sua atividade no sentido de elucidar fatos em que é versado.

No exemplo em consideração, uma vez proposta a ação judicial contra a construtora e/ou incorporadora, o juiz designa a data para uma audiência de conciliação, em que são ouvidas as partes envolvidas: a proponente e a ré. Não havendo acordo entre estas, o juiz nomeia formalmente um perito judicial por ele acreditado, facultando às partes a indicação

de assistentes técnicos que lhes prestarão assistência. Estes formularão quesitos que deverão ser respondidos pelo perito. A Figura 3.8 esclarece a participação dos atores neste cenário jurídico:

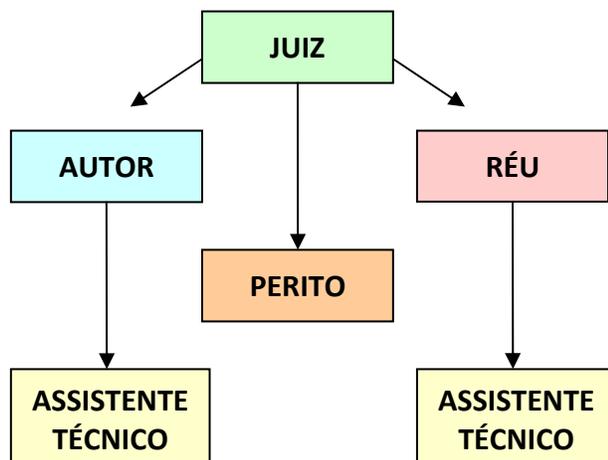


Figura 3.8 – Participação de perito e assistentes técnicos em ação judicial (Fonte: MAIA NETO, 2005)

Uma vez definidos, aceitos e homologados os honorários do perito judicial, sempre a ônus da parte autora do processo, são indicados os assistentes técnicos, que elaboram e entregam formalmente a ele quesitos, dentro de um prazo legal.

O Cartório de Ofício da respectiva Vara Cível em que foi distribuído o processo intima o perito judicial a dar início às diligências, termo jurídico que corresponde a dar início aos trabalhos periciais. Neste ato, o perito retira uma cópia dos autos (o processo judicial) e realiza um estudo minucioso para se inteirar da essência das questões em litígio. Além disto, toma contato com os quesitos formulados pelos assistentes técnicos das partes.

Na seqüência, o perito traça um plano de trabalho e agenda uma ou mais vistorias na edificação que apresenta supostas manifestações patológicas. Estas visitas podem ou não ocorrer em companhia dos assistentes técnicos das partes, o que geralmente acaba acontecendo. Neste caso, eles atuam assessorando o perito e não como informais advogados técnicos de defesa de seus respectivos contratantes.

### 3.6.3 Plano da atuação pericial e vistoria de campo

Para realizar o seu trabalho, o perito pode solicitar às partes todas as informações que julga necessitar. Isto pode ocorrer na forma de documentos suplementares aos já

anexados aos autos, coleta de dados durante as vistorias no edifício, análise de cópias dos projetos técnicos, cópias de processos de aprovação em companhias concessionárias e órgãos fiscalizadores, resultados de ensaios tecnológicos laboratoriais, inclusive exame de eventual laudo técnico extrajudicial previamente encomendado pela parte autora da ação.

O perito judicial, ao elaborar o seu plano de trabalho, geralmente se pauta na NBR 13752:1996 “Perícias de Engenharia na Construção Civil” (ABNT, 1996), podendo basear-se também nas recomendações correspondentes do IBAPE-SP (2003).

Importante ressaltar que os resultados do trabalho pericial estão condicionados à abrangência das investigações realizadas, à confiabilidade e adequação das informações obtidas, à qualidade das análises técnicas efetuadas e ao menor grau de subjetividade possível empregado pelo perito. Portanto, por ocasião das vistorias na edificação, o levantamento prévio de dados deve fornecer ao perito todas as informações possíveis sobre tais problemas e que irão embasar o seu parecer, expresso mais adiante na forma de um laudo pericial.

Ciente do objeto da ação judicial e tendo planejado a sua atuação, o perito judicial dá então início às vistorias, em data, hora e local eventualmente designados pelo juiz que o indicou, para início da chamada produção de prova pericial, podendo, para tanto, convocar os assistentes técnicos das partes.

O objetivo da vistoria é a coleta de dados e de todas as possíveis informações relevantes que ele fará constar em seu relatório. A coleta de dados pode compreender documentação fotográfica, juntada de documentos adicionais trazidos pelos assistentes técnicos das partes, a exemplo de memoriais descritivos, especificações técnicas de materiais e serviços, listas de materiais integrantes dos projetos executivos originais e mesmo de testemunhos colhidos no local. Todos estes documentos poderão, a seu critério, compor o laudo técnico pericial. Nesta fase, o perito deve proceder a uma análise criteriosa dos dados coletados, contrapondo as informações obtidas com os defeitos encontrados, manifestações patológicas reportadas nos autos e quesitos oferecidos pelas partes. Duas possibilidades decorrem deste estudo:

- a) a vistoria realizada foi suficientemente satisfatória e o resultado da análise dos dados coletados tem caráter conclusivo, permitindo a redação final do laudo técnico pericial. Caso tais elementos, analisados e devidamente tabulados, atendam às

necessidades da perícia, o perito terá condições de processá-los e consubstanciá-los na elaboração do laudo em caráter conclusivo;

- b) a vistoria efetuada não foi satisfatória e, mesmo com um estudo criterioso dos elementos coletados, não há condições de ser elaborado um laudo técnico pericial conclusivo, exigindo, para tanto, a realização de ensaios laboratoriais, nova e mais aprofundada vistoria ou ainda consultar outros especialistas.

#### **3.6.4 Elaboração do laudo técnico pericial e respostas aos quesitos formulados**

Para Pontes (2002), na concepção, confecção e redação do laudo técnico pericial, alguns pontos essenciais devem ser observados, entre os quais:

- inclusão de um número adequado de fotografias de cada ponto, local, parte ou região de relevância, mostrando claramente as patologias e não conformidades encontradas;
- execução de croquis ou cópia adaptada de projeto arquitetônico original onde serão assinalados os pontos com ocorrências patológicas, visando facilitar a sua localização espacial dentro da edificação;
- indicação de análise laboratorial ou ensaio tecnológico, quando necessário para perfeita caracterização da falha ou defeito;
- descrição sumária dos problemas encontrados, analisando-os convenientemente e apontando as prováveis causas (se independentes de ensaios laboratoriais), com subsequente atribuição de responsabilidades.

Segundo esse autor, podem ocorrer situações em que apenas uma simples inspeção visual é suficiente para caracterizar e identificar a origem das patologias.

De posse de todos os dados coletados, o perito passa então a responder aos quesitos formulados pelas partes beligerantes, realizando vistorias de campo adicionais quando necessário. Uma vez elaborado e concluído o laudo, o perito o leva para despachar com o magistrado em exercício. Depois de concluído e protocolado em cartório o laudo pericial, os assistentes técnicos devem oferecer os seus pareceres a respeito dentro do prazo legal, cabendo-lhes concordar ou discordar daquele.

Se, de imediato, ambas as partes manifestarem concordância, o juiz homologa o laudo por sentença, dando por encerrada a ação e proferindo o seu veredito. Porém, se houver discordância de qualquer das partes, o perito judicial deverá responder às críticas formuladas pelo assistente técnico discordante em respectivo laudo divergente. Se o trabalho pericial estiver solidamente fundamentado, mesmo havendo discordância de uma das partes, o juiz tem autoridade e amparo legal para homologá-lo por sentença. Caso o juiz não sinta suficiente segurança nos esclarecimentos prestados pelo seu perito, poderá intimá-lo a proceder a esclarecimentos complementares. Nesta circunstância, o perito deverá elaborar um laudo complementar de esclarecimentos. Uma vez aceito, o juiz homologará a perícia por sentença, mesmo que uma das partes discorde.

Outro caminho é transformar o julgamento em diligência, em que o juiz determina que o seu perito retorne novamente ao local da perícia, a fim de dirimir todas as possíveis dúvidas levantadas e colher elementos para responder possíveis quesitos adicionais, desta vez originados do próprio magistrado. Nesta mesma situação, ainda existe a possibilidade de nomeação de outro perito pelo juiz, para que possa corrigir eventual omissão ou inexatidão dos resultados conduzidos pela perícia anterior.

Uma síntese desta seqüência de atividades do perito judicial foi apresentada por Pontes (2002), com base em sua própria experiência profissional, reproduzida na Figura 3.9, ampliada de Maia Neto (1998).

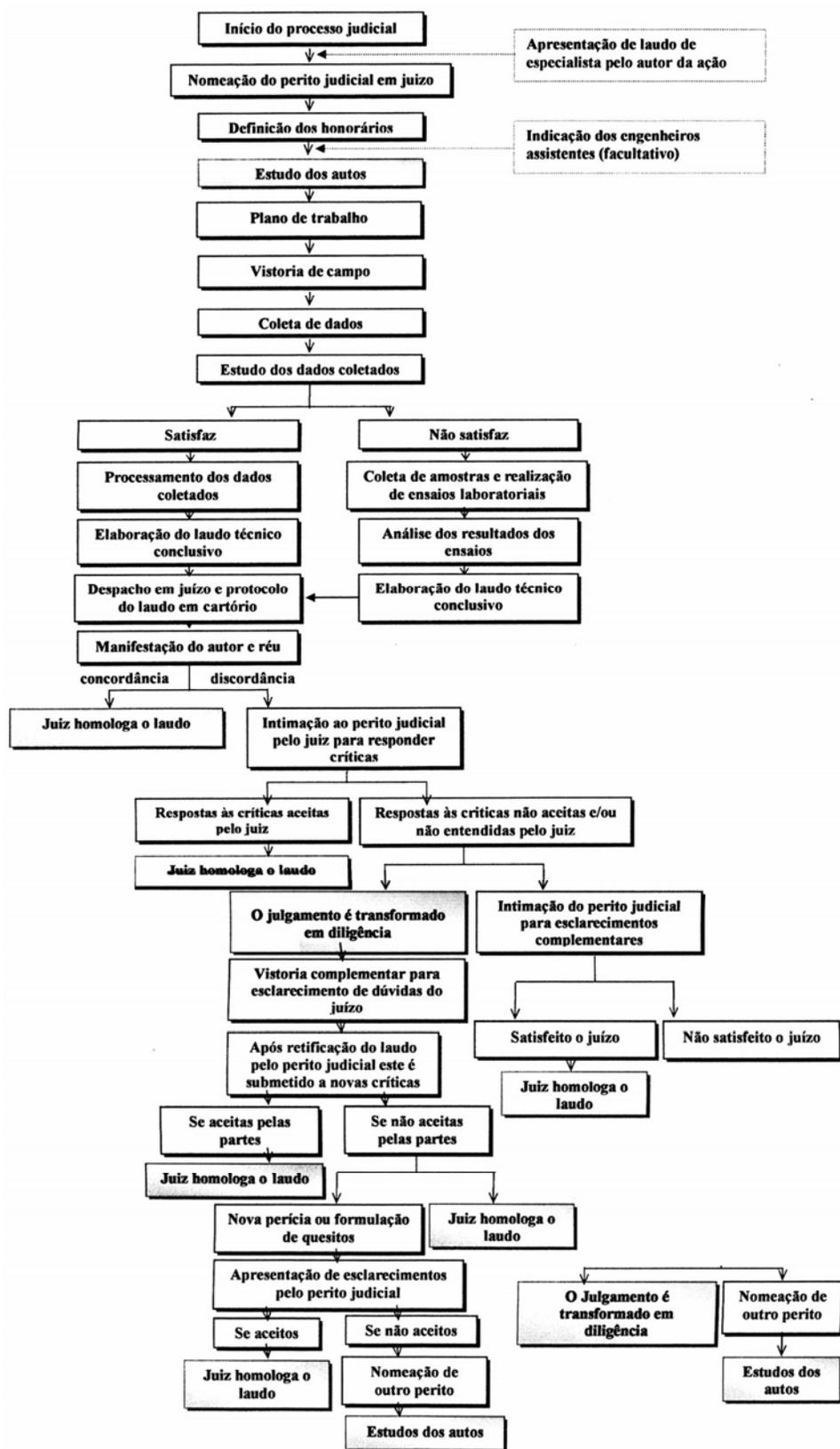


Figura 3.9 – Etapas do trabalho do perito no processo judicial (Fonte: PONTES, 2002)

Cabe explicar que, no âmbito das perícias judiciais, há que se acatar e empregar o linguajar jurídico próprio, uma vez que o fruto do trabalho do perito se destina ao juiz da ação. Além disto, o laudo pericial deve ser lido e compreendido não só pelos assistentes técnicos, mas também pelos advogados das partes litigantes. Desta forma, em termos jurídicos, do mesmo modo que uma patologia construtiva passa a ser designada “vício construtivo” ou simplesmente “vício”, o laudo pericial, laudo técnico ou apenas “laudo” é entendido exclusivamente como o trabalho textual final oferecido pelo perito ao Juízo. Neste caso, segundo Maia Neto (2009), independente da sua natureza, o laudo técnico extrajudicial elaborado pelos assistentes técnicos ou por terceiros especialistas, eventualmente juntados aos autos, é sempre designado parecer técnico.

### **3.6.5 O método empregado por Pontes adaptado a SPHS**

Dentro do rito jurídico descrito supra envolvendo a atuação de profissionais de Engenharia na função de perito e assistentes técnicos, Pontes (2002) propôs um método visando a investigação de defeitos em revestimentos de argamassa, que segue devidamente adaptado ao levantamento de patologias em sistemas prediais hidráulicos e sanitários.

Este método, através do diagnóstico do problema em foco, visa possibilitar que o perito atribua responsabilidade a uma das partes da ação judicial. Para tanto, conta com a sua experiência profissional e o estudo da questão a partir de fontes bibliográficas específicas, sem descuidar do estudo dos autos para prévia seleção dos materiais e equipamentos necessários para a avaliação em campo. Desta forma, o estudo dos autos encabeça a seqüência de etapas que o perito judicial deve seguir até a atribuição de responsabilidades e elaboração final do seu laudo técnico. Segue-se então o trabalho de vistoria de campo, com eventual seleção de equipamentos que deverão ser levados, quando for o caso.

Durante a vistoria de campo é feito o levantamento de manifestações patológicas nas partes expostas (não embutidas ou enterradas) dos SPHS, mediante análise visual das ocorrências, além de superfícies externas de regiões onde correm tubulações embutidas e enterradas. Seguem-se a coleta de informações no local, tomada de depoimentos de moradores, usuários, zelador, síndico e funcionários do edifício responsáveis pela sua manutenção.

Na vistoria o perito deve realizar um mapeamento correto dos defeitos, falhas e ocorrências patológicas correlacionadas com os SPS. Para tanto, ele pode se valer dos projetos técnicos correspondentes fornecidos pelo empreendedor ou pelo próprio Condomínio, além de croquis elaborados especialmente para esta finalidade. Nestes elementos gráficos devem ser anotadas detalhadamente as suas configurações, acompanhadas de criterioso relatório fotográfico, que será posteriormente incluído no laudo técnico pericial.

Para Pontes (2002), a coleta de testemunhos e depoimentos dos moradores e usuários dos ambientes sanitários do edifício nesta vistoria é importante, uma vez que pode auxiliar decisivamente na identificação dos problemas e facilitar a determinação de suas causas.

Pode também ser relevante para o diagnóstico dos defeitos a solicitação de documentos adicionais até então não fornecidos (outros projetos técnicos, memoriais descritivos, especificações de materiais, cadernos de encargos de execução, cópias de notas fiscais de aquisição de componentes, etc.), referentes à concepção, dimensionamento e instalação desses sistemas prediais, caso já não estejam apensos ao corpo do processo judicial.

Com base em todas essas informações colhidas em campo, o perito poderá caracterizar as patologias presentes, manifestas ou ainda por se manifestar, além das não conformidades normativas, regulatórias e legais, indicando as suas origens e causas prováveis ou comprovadas.

Por vezes a simples análise visual às partes expostas das tubulações, componentes e equipamentos não dá suficientes subsídios para um diagnóstico seguro e determinação comprovada das causas dos problemas e irregularidades constatados na vistoria. Nestes casos o perito, suficientemente fundamentado, poderá solicitar aberturas exploratórias em trechos embutidos e/ou enterrados das tubulações, esgotamento de reservatórios de água para inspeção, e até mesmo realizar testes de estanqueidade ou de detecção de origem de vazamentos com água colorida, ou seja, adicionada de corante dissolvido. Se necessário, também poderá realizar testes laboratoriais e ensaios tecnológicos, sendo-lhe legalmente facultada a extração de amostras para tanto.

Entretanto, na prática, tem havido pouca solicitação de ensaios laboratoriais. Isto ocorre porque, na maioria das vezes, as informações provenientes da análise dos projetos técnicos, a sua confrontação com prescrições normativas, os depoimentos e documentos complementares colhidos na vistoria e correspondente análise visual são suficientes para que o perito possa atribuir as devidas responsabilidades pelas patologias encontradas.

Através dos resultados dos ensaios e estudos até então realizados, o perito já terá condições de determinar as causas e origens das patologias verificadas. Independente de onde se originam essas patologias, o perito deve determinar as correspondentes responsabilidades pelo aparecimento dos defeitos. Conseqüentemente, todas essas informações serão transpostas para o seu laudo técnico pericial de forma conclusiva.

Em síntese, o método empregado por Pontes (2002), comprovando assertiva anterior, se mostra nada mais do que uma aplicação sintética do método de Lichtenstein (1985). Na fase de estudo dos autos e documentos a ele apensos, toma-se contato com o problema. Segue-se a etapa de levantamento de subsídios, constituída por vistoria de campo para levantamento das manifestações patológicas, anamnese e ensaios de laboratório, quando necessários. A anamnese corresponde ao exame dos projetos técnicos, análise dos registros fotográficos e dos depoimentos colhidos.

Segue-se o diagnóstico, com a determinação das causas e origens das patologias verificadas. Finalmente, a fase de definição da conduta no método de Lichtenstein (1985) se resume à atribuição de responsabilidades no de Pontes. Neste último, evidentemente, não há a contrapartida das alternativas de intervenção, prognóstico e decisão de terapia. Eventualmente, o perito só se pronuncia a respeito se tiver de responder a quesitos específicos formulados pelos assistentes técnicos.



## **4 MÉTODO DE PESQUISA**

O presente capítulo trata do método de pesquisa adotado neste trabalho como estratégia para serem atingidos os objetivos declarados em 1.2, discorrendo sobre a abordagem metodológica empregada, o processo e etapas da pesquisa, meios de coleta e análise dos dados e descrição dos estudos de caso realizados.

### **4.1 Abordagem metodológica empregada na pesquisa**

Segundo Vianna (2001, p. 95), “METODOLOGIA pode ser entendida como a ciência e a arte de como desencadear ações de forma a atingir objetivos propostos para ações que devem ser definidas com pertinência, objetividade e fidedignidade.” Para esta autora, “... historicamente METODOLOGIA é definida como a ciência que estuda MÉTODOS, as sistemáticas e os procedimentos para se atingir um fim proposto ou resolver problemas”. MÉTODO significa, portanto, caminho para atingir um fim, “o conjunto de ações necessárias para atingir objetivos propostos em determinado período, a partir dos recursos disponíveis” (VIANNA, 2001, p. 95).

Embora inapropriado, tem sido comum o emprego indistinto dos termos método e metodologia, como sinônimos (SABBATINI, 1989). Tal distinção semântica, entretanto, aqui se faz relevante, uma vez que este trabalho propõe diretrizes para formulação de um “método” hierarquizado para investigação de patologias em sistemas prediais hidráulicos e sanitários. Em síntese, método é a sequência de ações necessárias para alcançar tais propósitos. Para esta elaboração, por sua vez, é requerida uma “metodologia”, implicando na definição do tipo de pesquisa adotada, suas etapas, instrumentos de coleta e a análise de dados.

Para o propósito do presente texto, foram empreendidos estudos exploratórios, fundamentados em prévia pesquisa bibliográfica, consistindo na iniciativa da fiel aplicação do método desenvolvido por Lichtenstein (1985) aos SPHS de dois edifícios residenciais da cidade de Curitiba – PR. Nestes casos, os estudos exploratórios destinaram-se a constatar a adequação do método eleito aos SPHS, considerando que ele foi originalmente desenvolvido para se investigar problemas construtivos em geral e não especificamente a estes sistemas do edifício.

Vianna (2001) ressalta que um estudo exploratório deve ser empreendido sempre que se quiser entender uma situação, um fato, um problema, um caso, a partir de estudos feitos por diferentes autores ou vivenciados por várias pessoas. Nele, faz-se um arrazoado sobre tudo o que foi escrito ou relatado de mais relevante sobre o assunto em foco, para poder entendê-lo. Como este foi constatar a aplicabilidade direta do método de Lichtenstein aos SPHS de dois edifícios residenciais de Curitiba – PR, a pesquisa exploratória permitiu uma explicação maior e um aprofundamento do estudo específico deste método com vistas a um entendimento mais qualificado. Conforme já antecipado, isto levou à detecção de lacunas e omissões, particularmente ao ser comparado com o MASP-PDCA, um processo bastante geral de análise e solução de problemas, o que permitiu a proposição da formulação de diretrizes para a elaboração do método hierarquizado em consideração.

Gil (2002) conceitua e diferencia diversas categorias de pesquisa: bibliográfica, documental, experimental, participante, *ex-post-facto*, levantamento, pesquisa-ação e estudo de caso. Pela ótica deste autor, a estratégia de pesquisa realizada para o fim a que se propõe este trabalho enquadra-se na categoria de estudo de caso, por apresentar casos discutidos e documentados. Segundo ele, esta categoria é caracterizada como a mais indicada para estudos exploratórios porque possibilita novas descobertas ao longo do seu processo. Além disto, é voltada para a multiplicidade de dimensões de um problema (bem adequada à visão sistêmica inerente aos SPHS) e para uma simplicidade relativa nos procedimentos de coleta e análise de dados. Para Vieira (2004), o valor desta categoria de pesquisa, por vezes, está na sua especificidade ou, ao contrário, pelo potencial de abrangência. Esta autora ressalta que tais casos, quando devidamente documentados e apropriadamente analisados, constituem valiosa fonte de informação. Porém, Gil (2002) adverte para a limitação mais grave desta categoria de pesquisa: a dificuldade de generalização dos resultados obtidos. Isto porque a unidade-caso ou unidade de análise escolhida para a investigação pode ser anormal em relação às muitas da sua espécie. Com o intento de superar esta dificuldade, foi adotada como abordagem metodológica o estudo de casos múltiplos, em vista dos procedimentos metodológicos envolvidos.

A partir dos dois estudos exploratórios empreendidos, as diretrizes para formulação do método hierarquizado foram sendo, de início, gradualmente desenvolvidas, ao longo de sua aplicação em outros 25 edifícios residenciais e comerciais na cidade de Curitiba – PR.

A este propósito, Yin (2005) considera pesquisas de caso único e de casos múltiplos como variantes dentro de uma mesma estrutura metodológica, sem distinções muito amplas entre ambas. Para este autor (YIN, 2005, p. 68) “as evidências resultantes de casos múltiplos são consideradas mais convincentes e o estudo global é visto, por conseguinte, como algo mais robusto”. O estudo de casos múltiplos, conseqüentemente, pressupõe a lógica da replicação e não a da amostragem (YIN, 2005; COLLIS e HUSSEY, 2005).

A replicabilidade de dados, numa ótica essencialmente fenomenológica (em contraposição à abordagem positivista), é entendida como a possibilidade de diferentes pesquisadores, em contextos diversos, realizarem observações semelhantes, podendo, porém, interpretar o mesmo fenômeno sob perspectivas diversificadas. Neste caso, eles podem elaborar diferentes interpretações acerca de uma mesma realidade fenomênica ou a partir das mesmas informações. Contudo, para isto ser possível, é antes necessário documentar detalhadamente todos os procedimentos observados na coleta de dados, assim como explicitar a análise desses dados. Isto permite que outros pesquisadores, ao replicar o processo de pesquisa, possam alcançar as mesmas interpretações ou dar novas explicações para o fenômeno observado.

Já a lógica da amostragem, segundo Yin (2005, p. 71), “exige o cômputo operacional do universo ou do grupo inteiro de respondentes em potencial e, por conseguinte, o procedimento estatístico para se selecionar o subconjunto específico de respondentes a participar do levantamento”. Tal condição, evidentemente, não se mostrou factível em vista dos procedimentos metodológicos envolvidos na pesquisa empreendida, adiante explicitados.

#### **4.2 Descrição do processo de pesquisa**

De forma diversa da maioria das pesquisas exploratórias para validação de métodos previamente desenvolvidos em âmbito acadêmico, permitindo correções e ajustes no seu decorrer, a pesquisa empreendida em grande parte antecedeu a participação no Programa de Pós-Graduação. Isto porque ela surgiu de uma necessidade no decorrer da atividade profissional do autor. Entretanto, ao longo do seu desenvolvimento, houve possibilidade de gradualmente modificar o método de investigação inicialmente adotado à medida que foram surgindo inadequações e omissões.

Tal estratégia permitiu formular diretrizes para a elaboração de um novo método, mais adequado à investigação e solução de patologias em sistemas prediais hidráulicos e sanitários. O processo, a seguir descrito, culminou na proposta de incorporação de um mecanismo de hierarquização do produto final do trabalho.

#### **a) ETAPA 1: Compreensão do problema e definição do escopo da pesquisa**

No desempenho da atividade profissional de elaboração de projetos de SPHS, surgiu a oportunidade de contato com o tema das patologias destes sistemas, por meio de convite para elaboração de laudos técnicos sobre problemas existentes e não conformidades normativas verificadas em dois edifícios residenciais em Curitiba – PR.

A ciência de que o conhecimento requerido para elaboração de projetos de SPHS não bastava para a elaboração dos laudos solicitados levou ao início da pesquisa bibliográfica. Esta versou não apenas sobre a forma usual de redação e apresentação de laudos técnicos em si (CREA-PR, 1999; MAIA NETO, 2000; PONTES, 2002; MARTINS, 2004; MEDEIROS & FICKER, 2006; FICKER, 2007), como ainda propiciou a escolha de um método para a realização do trabalho, norteando as atividades pertinentes, tais como vistorias de campo, formulação de diagnósticos e prognósticos, recomendação de ações reabilitatórias, etc.

#### **b) ETAPA 2: Estudos empíricos iniciais**

A inexistência de um método específico para tais finalidades nos SPHS, durante a pesquisa bibliográfica inicial, levou à adoção, para esses dois edifícios em caráter de estudo exploratório, do método desenvolvido por Lichtenstein (1985), por ele próprio designado método genérico, destinado à resolução de patologias construtivas em geral.

Este método foi escolhido por ser de ampla utilização entre os profissionais da área de investigação de patologias construtivas no país e também por ser empregado pelo IBAPE-SP (IBAPE-SP e CREA-SP, 1998).

Como resultado, os dois estudos exploratórios empreendidos revelaram de início pontos falhos e omissões neste método para a investigação de patologias em SPHS, apontados na revisão bibliográfica (item 3.5) deste trabalho.

As vistorias nos dois estudos de caso se resumiram majoritariamente às partes visíveis das tubulações, equipamentos e componentes dos SPHS. Não foi possível acessar trechos de tubulações embutidos em forros falsos, nas alvenarias, dentro de contrapisos e rebaixos de lajes, ou ainda enterrados. Apesar do caráter predominantemente não invasivo do trabalho realizado, em um dos casos, por real necessidade, foi facultada uma abertura em forro falso de gesso para acesso às tubulações. Também neste caso, com a cooperação de moradores, foram realizadas simulações de escoamentos esperados durante períodos de pico de utilização ou de contribuição do sistema predial de esgoto sanitário. O objetivo foi a refutação ou comprovação da hipótese de ocorrência do fenômeno de sobrepressão com refluxo de esgoto, com base em sintomas previamente reportados, cujo resultado positivo está descrito no Apêndice B e registrado na Figura B.1. No Apêndice B são apresentados e estão explicados alguns dos problemas encontrados nos estudos empíricos e a respectiva conduta adotada.

A análise feita com base nos dois estudos exploratórios citados revelou pontos falhos no método inicialmente adotado quando fielmente empregado na investigação e solução de patologias desses SPHS, apontados no Apêndice B. Tal constatação foi reforçada ao se promover posterior comparação do método adotado com o Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) associado ao Ciclo Deming (CAMPOS, 1992; CORTADA, 2004), mais conhecido como Ciclo PDCA (*Plan – Do – Check – Act*), feita em 5.3 deste trabalho.

### **c) ETAPA 3: Realização de estudos empíricos**

A partir de então, o método de Lichtenstein foi sendo gradualmente modificado e replicado em outros 25 edifícios também em Curitiba – PR. A cada vez, ele foi ajustado e adaptado, o que possibilitou a investigação de anomalias de forma mais completa do que a proporcionada pela estrita aplicação do método original. Mesmo constituindo estudos de casos múltiplos, com as devidas ressalvas quanto ao risco de generalização dos resultados feitas anteriormente, a replicação desse método modificado nos edifícios mencionados proporcionou apropriada análise da incidência de patologias e não conformidades. Grande parte delas se mostraram recorrentes nos casos pesquisados. Também a análise dos dados obtidos propiciou uma classificação das patologias mais freqüentes quanto à origem, bem como uma taxonomia das medidas preventivas e intervenções corretivas, apresentada em 5.8.

#### **d) ETAPA 4: Proposição de diretrizes para o método hierarquizado**

Os acréscimos e aperfeiçoamentos subseqüentes foram sendo incorporados ao método a cada replicação, permitindo a proposição de diretrizes para a formulação de um novo método para aplicação específica na investigação e solução de patologias em SPHS.

A replicação desta metodologia modificada aos SPHS dos 25 edifícios, cada qual apresentando certa diversidade de manifestações patológicas, resultou, para cada caso, também em certa diversidade correspondente de proposições de intervenções. Tais medidas estão relacionadas a custos de implementação e envolvem diferentes níveis de riscos à vida ou à saúde, de prejuízos econômicos, de desconforto, de dificuldade na manutenção e/ou operação desses sistemas, etc. Deste modo, foi sentida a necessidade de incorporar um processo que permite a priorização das ações corretivas e preventivas.

Em conseqüência, foi procedida uma pesquisa bibliográfica sobre diversos métodos hierárquicos de auxílio à tomada de decisão disponíveis, cuja aplicação simultânea resulta na chamada análise multicriterial, a exemplo do método da programação de compromisso e dos vários métodos ELECTRE (ROY, 1991; 1996).

#### **e) ETAPA 5: Conclusões e trabalhos futuros**

A última etapa correspondeu à formulação das conclusões do trabalho, bem como das recomendações para o prosseguimento futuro de pesquisas e novos trabalhos sobre o assunto, especialmente o estabelecimento do método hierarquizado com base nas diretrizes aqui propostas.

### **4.3 Síntese das etapas da pesquisa**

As cinco etapas de desenvolvimento da pesquisa empreendida estão mostradas de forma sintética na Figura 4.1.

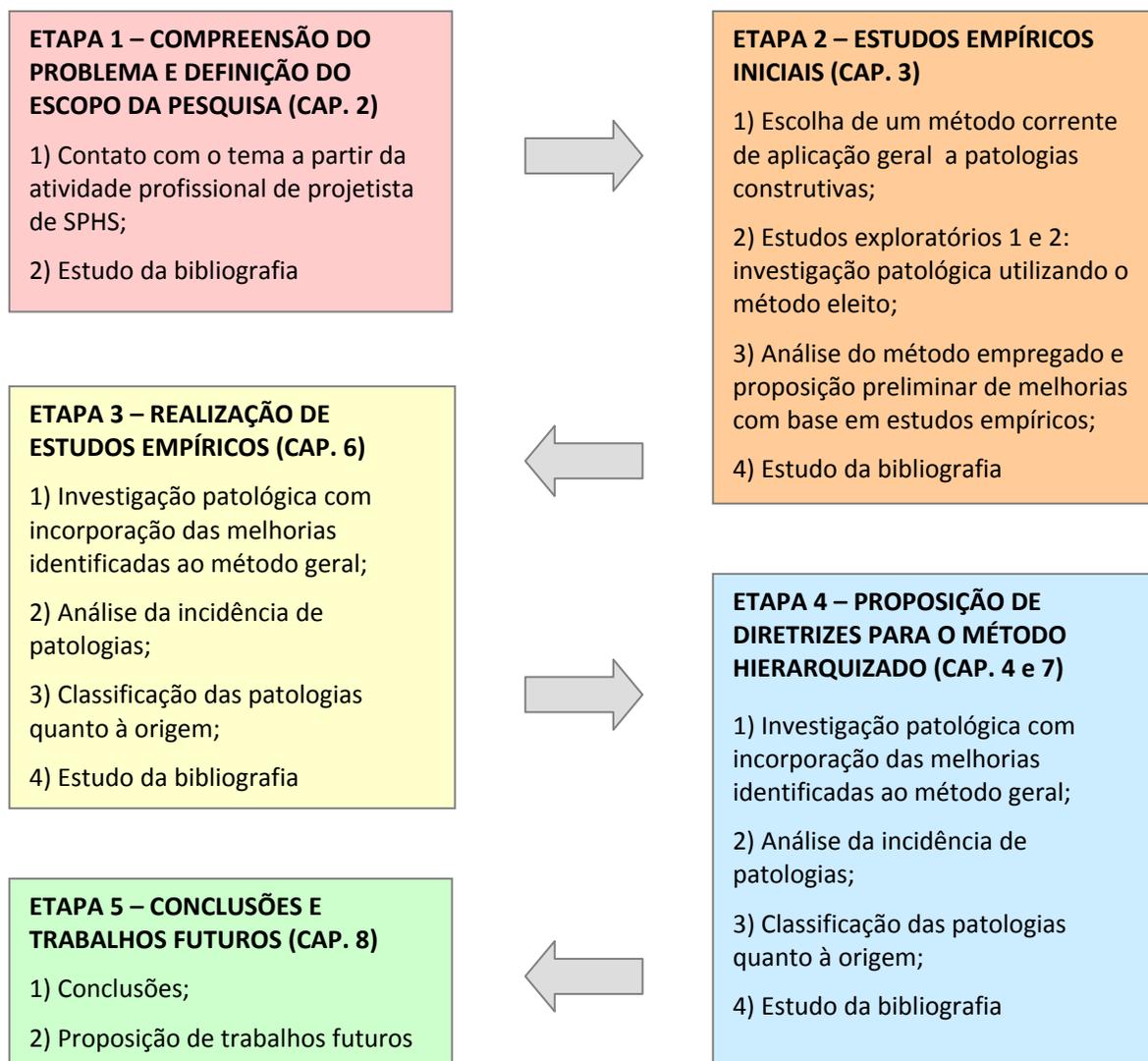


Figura 4.1 – Etapas do desenvolvimento da pesquisa

A primeira etapa foi referente à compreensão do problema e definição do escopo da pesquisa. Esta etapa correspondeu também ao início da revisão bibliográfica, que transcorreu ao longo de toda a realização da pesquisa. A segunda etapa correspondeu aos estudos empíricos iniciais que determinaram a eleição inicial do método de Lichtenstein (1985). A terceira focalizou os estudos empíricos realizados (estudos de casos) que permitiram obter dados referentes às patologias nos respectivos SPHS. A quarta etapa tratou da proposição das diretrizes para aperfeiçoamento do método, com incorporação de meios para a hierarquização das intervenções necessárias. Finalmente, a quinta e última etapa se refere às conclusões e proposição de trabalhos futuros no tema.

#### 4.4 Meios empregados para a coleta de dados

Os dados relativos ao levantamento das patologias manifestas e latentes e das não conformidades associadas aos sistemas prediais hidráulicos e sanitários das edificações, objeto de estudo na pesquisa empreendida, foram coletados pelos seguintes meios:

- questionário estruturado aos usuários dos SPHS da edificação, considerando um questionário para cada unidade condominial (além de questões fechadas, o questionário aplicado trouxe um espaço onde o usuário pode se manifestar livremente em relação aos problemas observados);
- entrevistas não estruturadas a funcionários do edifício (porteiros, zelador, encarregado de serviços gerais), ao síndico em exercício (nem sempre usuário dos SPHS do edifício), à administradora do Condomínio e a pessoal de empresas terceirizadas prestadoras de serviços nos sistemas prediais (encanadores, manutenção de bombas e válvulas redutoras de pressão, etc.);
- vistorias nas partes visíveis e acessíveis dos SPHS do edifício, empregando técnicas de inspeção predial (IBAPE, 2005; 2007; GOMIDE *et al.*, 2006), com registro das anomalias em lista de verificação (*check list*) previamente elaborada e registro fotográfico para compor o subsequente laudo ou parecer técnico;
- visitas seletivas a unidades condominiais de interesse, face às correspondentes respostas dos questionários, para constatação de patologias reportadas ou para o seu correto diagnóstico (este foi o caso da verificação local, entre outros aspectos, da ocorrência de golpes de aríete durante operação de válvulas de descarga, refluxos de espuma e esgoto através de desconectores, e outros sintomas graves decorrentes de patologias manifestas);
- depoimentos de usuários, na oportunidade das visitas seletivas a unidades condominiais de interesse, para coleta de relatos acerca de determinados sintomas, com possíveis correlações de sua ocorrência com outros eventos, tais como certos horários do dia ou dias da semana, incidência de ventos fortes, chuva, etc.;
- testes de estanqueidade de tubulações e equipamentos a gás com emprego de espuma, simulações de escoamentos de esgoto e de água fria em períodos de pico de utilização dos SPHS, quando necessário, sempre com o fito de constatar ou

melhor caracterizar as patologias existentes;

- análise técnica dos projetos executivos dos SPHS, constituídos por pranchas de desenho e documentação pertinente: memoriais descritivos, especificações técnicas de materiais, especificações técnicas de serviços (caderno de encargos de execução), relação de materiais e eventuais memórias de cálculo;
- análise técnica dos projetos destinados a aprovação de subsistemas em companhias concessionárias e órgãos fiscalizadores, como os de prevenção contra incêndio e de distribuição de gás natural;
- análise de documentos técnicos, como o manual de operação, uso e manutenção da edificação, memorial descritivo de venda do edifício, memorial descritivo legal integrante do processo de aprovação na prefeitura do município, contas de meses mais recentes de consumo de água, etc.

#### **4.5 Seleção da amostra e descrição da aplicação nos estudos de caso**

De um total de 65 edifícios objeto de investigação patológica na forma de perícias extrajudiciais realizadas em anos recentes em Curitiba – PR, foram selecionados 25, entre edifícios residenciais e comerciais julgados mais representativos para a finalidade e objetivos da pesquisa.

Os estudos de caso tiveram lugar nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários desses 25 edifícios, dos quais apenas dois são condomínios comerciais, constituídos de pequenos escritórios de empresas comerciais e de prestação de serviços e consultórios médicos e dentários.

Todos os demais edifícios são residenciais, de padrão variado e com diferentes números de pavimentos-tipo e de apartamentos por andar. Em particular, o condomínio designado EC1 é constituído por 3 blocos residenciais iguais e o EC6 possui duas torres idênticas. Os outros 40 edifícios resultaram descartados para efeito do estudo pretendido por razões variadas, entre as quais:

- insuficiência de informações providas dos moradores acerca dos sintomas verificados ou reportados (preenchimento de questionários em pequena escala);

- inspeções e levantamentos realizados em períodos de festas de fim de ano e/ou férias escolares, com grande evasão de condôminos;
- inexistência ou indisponibilidade dos projetos técnicos dos SPHS correspondentes;
- regime de uso diverso do residencial ou comercial (estabelecimento de ensino, edifício institucional, etc.), com dificuldades para a comparação dos resultados;
- edifícios recém ocupados à época da investigação, sem que a população final tivesse se estabelecido nas unidades condominiais;
- elaboração de parecer técnico para uma ou algumas patologias específicas, por razões contratuais, sem a realização de um serviço completo objetivando a totalidade dos problemas presentes nos SPHS, etc.

Na Tabela 4.1 estão sintetizados os dados de caracterização dos edifícios cujas patologias foram investigadas valendo-se do método gradualmente modificado, objeto deste trabalho para efeito da proposição de diretrizes. O número de pavimentos indicados é o total, não apenas os pavimentos-tipo.

Cabe lembrar que, afora os dois estudos exploratórios mencionados anteriormente, nos 25 condomínios indicados na Tabela 4.1 foi aplicado o método adiante proposto, com introdução de graduais ajustes e adaptações. Porém, eles não foram objeto de hierarquização das prescrições preventivas e ações corretivas constantes nos correspondentes laudos técnicos valendo-se de análise multicriterial. A apresentação destes resultados por ordem de prioridade, segundo algum critério sensato, para efeito de sua implementação no edifício, foi percebida como um facilitador para o planejamento financeiro e da definição de conduta das ações conseqüentes. Em alguns casos houve, de fato, solicitação formal de uma relação dessas intervenções por ordem de importância.

Porém, a hierarquização nestes casos foi definida apenas com base em avaliação pessoal do autor dos laudos, considerando a seguinte ordem de prioridades para as intervenções físicas nos edifícios: séria ameaça à segurança e à saúde dos ocupantes, permanente desconforto aos ocupantes, sérios riscos econômicos ou ao patrimônio, riscos eventuais ou condicionais, eventual desconforto durante o uso, eventual desconforto durante a manutenção, redução da vida útil de componente dos SPHS e desconforto tolerável pelos ocupantes em razão da exígua intensidade dos sintomas.

Registre-se que a priorização das intervenções, alçada nestes critérios nos casos em que foi estabelecida, resultou sempre do julgamento até certo ponto arbitrário de agente alheio ao convívio cotidiano com os problemas e riscos.

Além disto, ela e não considerou outros condicionantes simultâneos, como facilidade-dificuldade de implementação, grau de transtorno imposto aos usuários durante a implementação, custo da prevenção ou reabilitação, prazo de implementação de cada ação, avaliação custo-benefício, eventuais precedências na sequência de execução, etc.

A proposição do uso de métodos multicriteriais para esse fim, que permitem considerar a incidência simultânea desses diversos fatores condicionantes segundo certo grau de importância atribuído por diferentes intervenientes, foi incorporada ao método modificado depois do ingresso no Programa de Pós-Graduação, não tendo havido possibilidade de avaliar os resultados práticos da sua aplicação em novos estudos de caso. Por esta razão, este trabalho se limita a propor diretrizes neste sentido e, conseqüentemente, se restringe às diretrizes para a formulação de um método hierarquizado, uma vez que a apresentação acabada e fundamentada deste pressupõe a sua integral e comprovada validação. Isto poderá ser feito num outro trabalho em continuidade e aprofundamento do presente.

Na Tabela 4.1, a coluna intitulada tipologia/padrão traz uma avaliação subjetiva do padrão das unidades condominiais.

No caso dos edifícios residenciais pesquisados, considerou-se fatores como classe social e faixa média de renda dos usuários, área útil do apartamento, existência e quantidade de vagas de garagem por apartamento, número total de dormitórios, número de dormitórios com banheiro exclusivo (suítes), existência ou não de lavabo, etc.

A finalidade dos estudos de caso selecionados foi a da aplicação e gradual lapidação do método hierarquizado para a investigação e solução de patologias nos SPHS. Deste modo, considerou-se de pouca valia a apresentação exaustiva de dados e características mais detalhadas, como fotos das respectivas fachadas, plantas baixas dos pavimentos-tipo, etc. Apenas para efeito exemplificativo, seguem no Anexo 1 dados ilustrativos (fotos, alvará de construção e plantas baixas) do edifício EC3.

Tabela 4.1 – Caracterização dos edifícios objeto de estudos de caso

Edifício	Ano da ocupação	Anos em uso até o estudo	Nº de pavimentos	Nº de unidades	tipologia/padrão
EC 1	1995	8	18	54	comercial
EC 2	1989	13	2 blocos de 20 pavimentos	2x190	
EC 3	1968	39	22	1 + 34	com./resid. alto
EC 4	2001	2	6	24	residencial alto
EC 5	1989	16	9	10	
EC 6	1986	14	17	14	
EC 7	1992	9	21	32	
EC 8	1984	17	23	18	
EC 9	1998	6	25	42	
EC 10	2001	5	27	22	
EC 11	2003	4	27	21	
EC 12	2004	1	27	27	
EC 13	1997	5	7	8	
EC 14	2000	2	11	16	
EC 15	2004	2	12	24	
EC 16	2003	3	13	45	
EC 17	1996	8	20	56	
EC 18	1999	5	21	60	
EC 19	1997	4	22	64	
EC 20	1998	4	22	72	
EC 21	1985	17	24	18	
EC 22	2000	4	11	14	residencial baixo
EC 23	1995	8	16	78	
EC 24	2003	4	18	112	
EC 25	1965	38	3 blocos de 4 pavimentos	48	

Seguem algumas observações: o edifício EC1 é um típico condomínio comercial, constituído de uma loja ao nível do pavimento térreo e 52 conjuntos comerciais distribuídos em 14 pavimentos-tipo, com 4 conjuntos por andar e mais um conjunto na cobertura. Cada conjunto comercial tem área aproximada de 52 m<sup>2</sup> e a população por conjunto situou-se entre duas e seis pessoas, em média. O uso constatado à época da realização do estudo de caso era bastante diversificado, havendo consultórios médicos e odontológicos, clínica psicoterápica, escritórios de advocacia, escritórios contábeis, representações comerciais diversas, etc.

Esta grande diversidade de usos foi também verificada no edifício EC2, porém com menor frequência de pessoas, entre duas e quatro, em razão da menor área construída, da ordem de 36 m<sup>2</sup> em cada conjunto.

O edifício EC3 é *sui generis* pela ocupação mista: metade do subsolo e do pavimento térreo e mais dois níveis de mezanino são de uso comercial corporativo e o restante, com acessos completamente desvinculados, é para típico uso residencial com 34 apartamentos à razão de dois por andar, mais um apartamento de zelador. À exceção das plantas dos dois mezaninos, as demais estão reproduzidas no Anexo 1.

Os edifícios EC4 até EC24 são residenciais, subdivididos nos padrões alto, médio e baixo, apresentando diversidade no número de apartamentos por pavimento e no próprio número de pavimentos, desde um apartamento por andar (EC6, EC8, EC10, EC11 e EC 12) a oito por andar (EC24). O edifício EC25 é constituído por três blocos residenciais (térreo mais 3 pavimentos-tipo cada) com dois apartamentos por andar, sem subsolo e com garagens externas.

Também em relação às características dos respectivos SPHS, houve grande diversidade no conjunto dos edifícios objetos dos estudos de caso, exceto por todos possuírem sistema de abastecimento de água fria conhecido por RS-RI, a saber: possuem um reservatório inferior e outro superior, com um sistema de adução próprio. Os edifícios com mais de 12 pavimentos-tipo possuem todos centrais redutoras de pressão. Os de ocupação mais recente (EC 11, EC 12, EC 15 e EC 16) são dotados de medição individualizada de consumo de água, por força de lei municipal vigente desde a época dos respectivos projetos. Os edifícios EC11 e EC12 possuem geração central coletiva de água quente e respectiva medição individualizada de consumo.

Em sua maioria, os edifícios estudados possuem sistema de esgotamento sanitário predial com ventilação secundária (ABNT, 1999b), à exceção de lavanderias e cozinhas, onde predomina o sistema de esgotamento predial somente com ventilação primária e, no caso do edifício EC17, o sistema de queda única de ventilação modificada.



## **5 DIRETRIZES PARA FORMULAÇÃO DE UM MÉTODO HIERARQUIZADO DE INVESTIGAÇÃO E SUPRESSÃO DE PATOLOGIAS EM SPHS**

A análise dos métodos gerais de investigação e supressão de patologias construtivas, com vistas à sua aplicação em SPHS, feita no capítulo 3, mostrou a necessidade da formulação um método a eles adequado.

Este capítulo traz uma comparação de um desses métodos com o MASP-PDCA, um método bastante geral para a solução de problemas na esfera organizacional. A avaliação desta comparação, associada aos resultados dos estudos de caso mencionados no capítulo anterior, permite a proposição de diretrizes para a formulação de um método hierarquizado, feita em seqüência.

Por outro lado, o gradual amadurecimento do método hierarquizado ao longo de sua aplicação e adaptação nos 25 edifícios objetos dos estudos de caso resultou na proposição de diretrizes feitas neste capítulo e permitiu se chegar a um delineamento muito próximo do que deverá constituir esse método, mostrado nas Figuras 5.2 e 5.3.

Em consequência da análise das patologias e não conformidades constatadas nesses edifícios com a aplicação do método hierarquizado, constatou-se a incidência de anomalias recorrentes. Grande parte delas poderão ser evitadas em novos edifícios a serem projetados e construídos, sob a presunção de aproveitamento da experiência acumulada (etapa retroalimentação prevista no método, descrita em 5.11), mesmo tendo por origem estudos de caso pontuais.

Nisto reside justamente a finalidade maior da área do conhecimento tecnológico designada Patologia das Construções: o estudo dos problemas visando a sua prevenção ou evitar a sua replicação em novos empreendimentos assemelhados (ADDLESON, 1992; HENRIQUES, 2006).

Este capítulo também traz resultados de levantamentos das patologias e não conformidades mais frequentes constatadas nas investigações empreendidas nestes edifícios, consideradas as ressalvas adiante feitas ao fato de não cobrirem falhas de manutenção.

## 5.1 Análise e interpretação dos dados - ressalvas

É evidente que a investigação de patologias nos SPHS é uma atividade sempre dirigida, particularizada, pois cada edifício apresenta peculiaridades próprias e diversas de quaisquer outros. Em outras palavras, cada serviço prestado neste âmbito é personalizado e as soluções propostas para uma dada edificação podem não ser adequadas a outra edificação afetada por patologia idêntica ou similar. Porém, uma análise mais detalhada da tipologia das causas mais freqüentes das patologias semelhantes constatadas nos 25 edifícios objetos de estudos de caso, adiante apresentadas, apontou para uma grande incidência de problemas já manifestos e de riscos potenciais de patologias. Eles decorrem de falhas, omissões e inobservância de normas técnicas nos respectivos projetos executivos dos sistemas prediais em consideração.

Constatou-se que muitas das patologias manifestas ou potenciais incidiram de forma repetitiva em diferentes edifícios inspecionados, revelando falhas sistemáticas nos projetos e também durante a execução desses sistemas prediais na fase de obra das edificações. Nestes casos, elas foram decorrentes principalmente de falhas de concepção sistêmica, erros de dimensionamento e inobservância de prescrições regulatórias e normativas.

Ressalva-se que os resultados adiante apresentados provêm de levantamentos de patologias realizados principalmente nas partes coletivas (áreas comuns) dos edifícios, de competência do contratante dos serviços, na figura do síndico do Condomínio. Entretanto, grande parte incluiu inspeções a unidades condominiais privativas, por força de contrato ou por interesse específico para a elucidação de causas de problemas e formulação de diagnóstico. Além do mais, a maior parte dos edifícios objeto dos estudos de caso não dispunha de registros sistematizados de manutenção. Muitos dispunham de registros relativos apenas às partes comuns, mesmo sob a tutela de empresas administradoras de condomínio competentes. Estas, em Curitiba-PR, não têm por rotina de trabalho fazer ou recomendar que funcionários do condomínio façam registros das manutenções ocorridas nas unidades condominiais privativas.

Evidentemente, não se pode apresentar resultados da validação do método hierarquizado, pelas razões já expressas. Também não há confiabilidade na apresentação de dados estatísticos de incidência de um dado problema, considerando o universo de

todas as unidades condominiais de um dado edifício ou categorias de edifícios agrupados sob um dado critério.

Conforme explicação mais amíúde adiante, apenas certo percentual de unidades condominiais em cada edifício foi objeto de inspeção para efeito de levantamento *in loco* de patologias manifestas e de não conformidades; as demais foram avaliadas pelas respostas de questionários padronizados respondidos por ocupantes, com um índice desejável de retorno da ordem de 75%.

Por tais razões, seria de pouca valia oferecer gráficos contendo estatísticas de incidências de sintomas de problemas por edifício, uma vez que os dados basear-se-iam em respostas a questionários, dadas por leigos, a certo percentual de unidades apenas.

Em seu lugar, com base na tabulação dos dados de identificação positiva de patologias manifestas e latentes nesses 25 edifícios, além de correspondentes não conformidades, reuniu-se resultados de levantamentos das anomalias mais frequentes no conjunto dos edifícios.

## **5.2 Incidência de patologias e não conformidades**

Procedendo à combinação da incidência relativa de uma dada patologia manifesta ou não conformidade presente nos levantamentos de investigações patológicas dos 25 edifícios inspecionados, com um nível atribuído à gravidade das correspondentes conseqüências. Resultaram de maior freqüência e relevância as anomalias presentes na Tabela 5.1, apresentadas segundo o subsistema predial em que têm origem e segundo o binômio freqüência versus gravidade do problema.

Esta tabela também assinala se a patologia ou não conformidade considerada tem por origem uma falha no correspondente projeto (P), ou na execução (E) durante a obra, ou decorreu do uso (U) indevido ou inadequado e/ou ausência de manutenção, e ainda se foi relacionada a uma falha de fabricação (F) de componente ou equipamento.

Note-se que as patologias e não conformidades não foram necessariamente referenciadas pelos sintomas conseqüentes (mau cheiro, vazamento, transbordamento, refluxo, ruído, etc.), mas por citações que podem mais facilmente identificá-las.

Tabela 5.1 – Patologias e não conformidades normativas mais frequentes/relevantes

Sist.	PATOLOGIA / NÃO CONFORMIDADE	P	E	U	F
AF	Ruídos, golpes de aríete, dificuldades de acionamento, vazamentos e/ou desperdícios de água na operação de válvulas de descarga de bacias sanitárias			•	
AF	Ausência de dispositivo adequado de prevenção ao refluxo na alimentação de água potável do ponto de suprimento de reservatório inferior	•			
AF	Ausência de tela protetora na extremidade terminal de tubulação de extravasão de reservatório superior/inferior	•	•		
AF	Ausência de tubulação de aviso de extravasão no reservatório superior/inferior	•			
AF AQ	Ausência de registros de fechamento para comando individual das colunas de distribuição de água (/quente, onde há geração central de água quente)	•			
AF	Adoção de PVC marrom soldável para tubulações suscetíveis de golpes de aríete: alimentação de válvulas de descarga/recalque de água em edifícios altos	•			
AF	Ausência de tubos de ventilação de colunas de distribuição de água fria que alimentam válvulas de descarga e misturadores de água fria e quente	•			
AF	Adoção de central de redução de pressão com uma única válvula redutora de pressão e com registro de fechamento tipo gaveta ou esfera em <i>by pass</i>	•			
AF	Adoção de reservatório inferior com câmara única (sem septo separador)	•			
AF	Ausência ou insuficiência de folga das paredes laterais de reservatório inferior com paredes limítrofes do subsolo, e da laje de fundo com o piso	•			
AF	Tampa da abertura para acesso ao reservatório superior/inferior danificada, sem fechamento estanque e/ou instalada de modo incorreto	•	•		
AF AQ	Ausência de amortecedores de vibração nas bases de apoio e saídas de bombas de recalque de água potável/pressurizadoras/de circulação de água quente	•	•		
AF	Válvula de retenção comum a ambas as saídas de bombas de recalque	•			
AF	Ausência de tubo-sifão para tomada de água ao fundo do reservatório elevado	•			
AF	Ausência de registro de fechamento antes de torneira de bóia de reservatório inferior	•	•		
AF	Tubulações de PVC marrom soldável expostas ao tempo	•	•		
AF	Ausência de tubulação exclusiva para alimentação de água fria a aquecedores de água centrais privados dos apartamentos	•			
AF	Ausência de dispositivo adequado de prevenção contra refluxo na alimentação de torneiras de jardins, aspersores, fontes, cascatas, piscinas e/ou chafarizes	•			
AQ	Ausência de registros de fechamento nas derivações de ramais de distribuição de água quente de ambientes sanitários e/ou jusante de aquecedores	•			
AQ	Conformação de sifão e ausência de tubo-respiro ou dispositivo eliminador de ar em colos altos de ramais de distribuição de água quente	•			
AQ	Inexistência de válvulas de segurança à pressão em equipamentos geradores de água quente por acumulação, ou válvulas de segurança com saída não tubulada	•	•		•
AQ	Ausência ou falha de aplicação de isolamento térmico em tubulações metálicas		•		
GÁS	Ausência ou insuficiência de aberturas adequadas de ventilação permanente para ar de combustão em ambientes contendo equipamentos a gás	•	•		
GÁS	Ausência de meio ou duto coletivo de ventilação permanente para os abrigos de medidores de gás situados nos halls dos andares	•			

Tabela 5.1 (cont.) – Patologias e não conformidades normativas mais frequentes/relevantes

Sist.	PATOLOGIA / NÃO CONFORMIDADE	P	E	U	F
GÁS	Extensão insuficiente do trecho vertical das chaminés de aquecedores de água a gás com tiragem natural		•		
GÁS	Terminais de exaustão das chaminés de aquecedores a gás com tiragem natural instalados em posição horizontal, rentes à fachada e/ou subdimensionados	•	•		
GÁS	Ausência de dispositivos de segurança à sobrepressão a jusante de reguladores de gás ( <i>over pressure shut off valves</i> )	•			
ESG	Inserção direta e em nível de tubo ventilador secundário em ramal de esgoto	•			
ESG	Ligação direta e em nível de tubo ventilador secundário em coluna de ventilação sem a presença de alça de ventilação com altura adequada	•			
ESG	Término de colunas de ventilação/tubos ventiladores primários em locais inadequados na cobertura	•			
ESG	Ausência de terminais de ventilação adequados nas extremidades de colunas de ventilação e de tubos ventiladores primários na cobertura	•	•		
ESG	Ausência de colunas de ventilação e de tubos ventiladores secundários em cozinhas e áreas de serviço dos apartamentos em edifícios altos	•			
ESG	Ausência de ventilação adequada em pontos a montante e a jusante de desvios de tubos de queda	•			
ESG AP	Existência de mudanças de direção em 90° em trechos horizontais de ramais de descarga e esgoto, subcoletores e coletores prediais, e em condutores horizontais de águas pluviais	•			
ESG	Ligação de ramais de esgoto com despejos potencialmente formadores de espuma em zonas de sobrepressão nas bases de tubos de queda e seus desvios	•			
ESG	Trechos iniciais de subcoletores e coletores prediais superdimensionados	•			
ESG	Ligação de tubo ventilador secundário ou de ramal de esgoto de ralo sifonado em abertura de inspeção de joelho de 90° em saída de bacia sanitária	•			
ESG AP	Ausência, inadequação e/ou inacessibilidade de dispositivos de inspeção em bases de tubos de queda e mudanças de direção de subcoletores e coletores prediais de esgoto, e em condutores horizontais de águas pluviais	•	•		
ESG	Ramais de descarga de máquinas de lavar roupa e louças subdimensionados	•			
ESG	Inexistência ou subdimensionamento de caixa geral retentora de gordura	•			
AP	Inexistência de redução excêntrica e redução da seção útil de ralos planos por manta de impermeabilização superficial da laje e de sua proteção mecânica	•			
AP	Ausência de manta separadora (geotêxtil não tecida ou similar) na interface solo-brita em valas de drenagem subsuperficial em subsolos	•	•		

Obs: AF = água fria; AQ = água quente; ESG = esgoto sanitário; AP = águas pluviais;  
P = projeto; E = execução; U = uso; F= fabricação

Para a determinação do nível de gravidade de uma dada patologia ou não conformidade, para efeito de priorização na Tabela 5.1, na falta de um método hierárquico multicriterial, foi adotado o método GUT – Gravidade, Urgência, Tendência, introduzido por Kepner e Tregoe (1991).

Segundo Alvarez (1997), o Método GUT de Kepner e Tregoe (1980) foi desenvolvido em meados da década de 50. Compõe-se, basicamente, de três processos de análise: Análise de Problema (identificação da causa do problema), Análise de Decisão (escolha de uma solução para o problema) e Análise de Problema Potencial (planejamento da implantação da solução). Pela sua simplicidade, utiliza relações de causa e efeito diretas.

Na elaboração da Tabela 5.1 foram adotados pesos para critérios de gravidade, urgência e tendência (grau total > alto > médio > baixo > nenhum) segundo proposição de Gomide, Fagundes Neto e Pujadas (2006) constante na Tabela 5.2. O nível de gravidade de cada patologia ou não conformidade foi obtido pela simples multiplicação dos pesos atribuídos a cada categoria: **GUT = peso G x peso U x peso T**. A este valor foi associada também a frequência.

Tabela 5.2 – Pesos e eventos adotados para a ponderação pelo método GUT  
(Fonte: Adaptado de GOMIDE, FAGUNDES NETO E PUJADAS, 2006)

GRAU	GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA	peso
total	Perda de vidas humanas, do meio ambiente ou do edifício	Evento em ocorrência	Evolução imediata	- 10
alto	Ferimentos em pessoas, danos ao meio ambiente ou pessoas	Evento prestes a ocorrer	Evolução em curto prazo	- 8
médio	Desconfortos, deterioração do meio ambiente ou do edifício	Evento prognosticado para breve	Evolução em médio prazo	- 6
baixo	Pequenos incômodos ou pequenos prejuízos financeiros	Evento prognosticado para adiante	Evolução em longo prazo	- 3
nenhum	Nenhuma	Evento imprevisto	Não irá evoluir	- 1

Cumprir notar que não constam na Tabela 5.1 problemas decorrentes de falhas de manutenção, tais como ocorrência de vazamentos, queima de motores de bombas centrífugas, etc. Isto porque os edifícios estudados não dispunham de registros de manutenção ou os existentes eram fragmentários, não se prestando a levantamentos estatísticos confiáveis. Mesmo assim, problemas ligados à operação de válvulas de descarga em edifícios antigos, típicos de descuidos com manutenção, mostraram-se os mais expressivos relativamente aos sistemas prediais de água fria na amostra considerada.

A despeito desta limitação nas amostras estudadas, é relevante registrar que vazamentos em tubulações e aparelhos sanitários têm sido reportados como de elevada incidência, a

exemplo de Cremonini (1988), Pedroso (1997), Amorim (1997), Araújo (2003, 2004), Ilha *et al.* (2004, 2005), Gonçalves *et al.* (2005), Ilha, Nunes e Salerno (2005), Conceição (2007), Amorim *et al.* (2007) e Amorim e Conceição (2009).

Constata-se da Tabela 5.1 que a maior parte das anomalias são frutos de não conformidades com origem nos respectivos projetos, seguidas de não conformidades construtivas ou decorrentes de falhas de execução; apenas em quarto lugar comparecem patologias decorrentes dos materiais e componentes. Tais resultados não diferem dos obtidos em levantamentos da origem de patologias construtivas mostrados em 2.1, apontando projetos deficientes ou mal concebidos, sobretudo negligentes com a normalização vigente, como principais origens de patologias em não conformidades nos SPHS dos 25 edifícios investigados.

### **5.3 Contribuições da analogia do MASP-PDCA aos métodos gerais de investigação de patologias construtivas**

Uma patologia presente nos SPHS de uma dada edificação, ou um conjunto delas, sejam manifestas, em curso ou potenciais, constituem problemas a serem resolvidos, geralmente envolvendo grande número de variáveis.

Campante (2001) sugeriu aproveitar, na solução destes problemas, os conceitos utilizados na solução de problemas originados nas organizações, na área do conhecimento designada Processos de Resolução de Problemas. Nesta área se destaca o Método de Análise e Solução de Problemas – MASP, visto em linhas gerais em 2.5 neste trabalho associado ao ciclo PDCA. Este autor resgatou da área de Administração de Empresas a visão da administração do processo geral de resolução de problemas para o estudo e solução das patologias construtivas. Com base em Maximiano (2006), ele sintetizou em três etapas básicas este processo, esquematizadas na Figura 5.1.

Segundo Campante (2001), a primeira etapa, de Constatação e Diagnóstico, corresponde à inspeção predial e levantamento do histórico do problema. A etapa intermediária, de Geração e Análise de Alternativas, equivale a uma análise de estudo da evolução do problema e da solução adotada. A terceira etapa, a Escolha e Aplicação de Alternativas, compreende a definição da conduta a ser seguida.

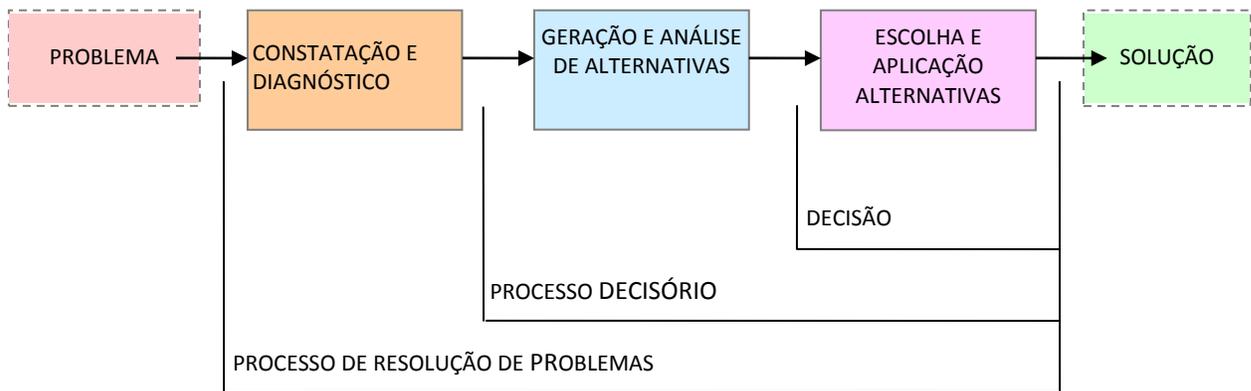


Figura 5.1 – Processo de Resolução de Problemas (Fonte: MAXIMIANO, 1991)

Uma rápida comparação deste processo com o MASP-PDCA (Figura 2.13) mostra que os passos usuais deste último constituem desdobramentos do processo geral. Os passos de (1) Identificação do Problema e (2) Observação estão contidos na primeira etapa supra. Os passos de (3) Análise e (4) Plano de Ação se enquadram na segunda etapa. Já os passos (5) Implementação da Ação, (6) Verificação, (7) Padronização e (8) Conclusão se inserem na terceira etapa do Processo de Resolução de Problemas.

Seguindo a sugestão de Campante (2001), é útil uma comparação passo a passo do MASP, um método bastante geral de solução de problemas, formulado inicialmente para as organizações, com um método geral de investigação e solução de patologias construtivas. Adotou-se para esta comparação o método de Lichtenstein (1985) por ser o mais conhecido e de uso mais generalizado entre os investigadores de patologias construtivas no país. Como a abordagem do MASP é sistêmica, por focar os problemas como sistemas de causas de desvios a serem bloqueados (MOREIRA, 2004), a sua aplicação na investigação e solução de patologias em SPHS se mostra bastante atraente.

Com base em Campos (1992), seguem-se as etapas mais frequentemente consideradas no MASP-PDCA e seus respectivos desdobramentos, associados ao método de Lichtenstein (1985), preliminarmente ajustado para o emprego em SPHS.

Schoba (2003) pondera que, da mesma forma que as etapas são apresentadas no MASP de modo seqüencial, é importante que seja obedecida cada tarefa citada, para que exista maior probabilidade do problema ter a sua causa corretamente identificada, bloqueada e corrigida.

Quadro 5.1 – 1ª Etapa: Identificação do problema

MASP - PDCA		MÉTODOS DE LICHTENSTEIN	
Desdobramento	Ferramentas	Desdobramento	Ferramentas
Escolha do problema, considerada relevante, uma vez que boa parte de resolução ocorre a partir da sua correta identificação	Diretrizes gerais da área de trabalho	VISTORIA DO LOCAL	Inspeção visual não invasiva preliminar, fotos, análise preliminar do projeto, lista de verificação
Levantamento do histórico do problema, identificando sua frequência de ocorrência	Dados (histórico), gráficos e fotos	ANAMNESE	Questionários padronizados aos usuários
Demonstração gráfica de perdas atuais ou de ganhos viáveis	Gráficos com resultados e projeções		
Priorização de temas a partir da análise de Pareto, com estabelecimento de metas numéricas viáveis, buscando apenas os resultados indesejáveis (a causa pertence à etapa 3)	Análise com diagrama de Pareto		
Designação de pessoa ou grupo responsável (neste caso, sob um líder) e proposição de data limite para a solução do problema	Definição dos responsáveis pela ação		

Quadro 5.2 – 2ª Etapa: Observação das características do problema

MASP - PDCA		MÉTODOS DE LICHTENSTEIN	
Desdobramento	Ferramentas	Desdobramento	Ferramentas
Coleta de dados para descobrir as características do problema, a ser observado sob vários pontos de vista	Análise de Pareto, estratificação, lista de verificação, diagrama de Pareto	SINTOMATOLOGIA	Análise dos questionários padronizados
Coleta de opiniões para levantamento de dados, empregando o gráfico de Pareto, perguntas do tipo "o que, quem, quando, onde, porque e como" (5W1H)			Questionários e entrevista com usuários específicos, visitas técnicas seletivas, correlação com outros eventos
Descoberta das características do problema através da observação no local	Análise do local da ocorrência do problema pelas pessoas envolvidas		Inspeção visual não invasiva acurada, fotos, lista de verificação,
Estimativa de cronograma para referência, a ser atualizado em cada processo, de orçamento e definição de meta a atingir	Cronograma físico-financeiro		

Quadro 5.3 – 3ª Etapa: Análise das causas principais do problema

MASP - PDCA		MÉTODO DE LICHTENSTEIN	
Desdobramento	Ferramentas	Desdobramento	Ferramentas
Definição das causas influentes, para coleta do maior número possível de causas e construção de diagrama de causa-efeito (por que ocorre o problema?)	<i>Brainstorming</i> , diagrama de causa e efeito	DIAGNÓSTICO	Análise meticulosa do projeto do SPHS, verificação da conformidade com normas técnicas, regulamentos e textos legais, verificação de dimensionamentos relevantes, cruzamento com resultados dos levantamentos de campo
Escolha das causas mais prováveis com base nas informações da Etapa 2	Diagrama de causa e efeito		
Análise das causas mais prováveis, verificação das hipóteses, confrontando dados e opiniões	Lista de verificação (coleta de novos dados), análise de Pareto (hierarquização), histogramas (para avaliação) diagrama de relação, gráficos (verificar a evolução)		
Realização de teste de consistência da causa fundamental e verificação da possibilidade do seu bloqueio; se este não for possível, talvez a causa determinada ainda não seja a fundamental, mas apenas um efeito desta; neste caso, transformação da causa em novo problema e retorno ao início do fluxo do processo com a pergunta “por quê?”	Existe consistência de que é possível bloquear a causa? Geraria efeitos indesejáveis?		
		PROGNÓSTICO	Conhecimento acumulado de problema anterior igual ou semelhante

Quadro 5.4 – 4ª Etapa: Plano de ação – elaboração de estratégias

MASP - PDCA		MÉTODO DE LICHTENSTEIN	
Desdobramento	Ferramentas	Desdobramento	Ferramentas
Elaboração de estratégia de ação sobre as causas fundamentais (e não sobre seus efeitos)	Discussão com o grupo envolvido	PRESCRIÇÃO TERAPÊUTICA	Laudo técnico com indicação de ações corretivas e medidas preventivas
Elaboração de plano de ação para o bloqueio das causas fundamentais do problema, revisão do cronograma e do orçamento final através do “5W1H”	Discussão com o grupo envolvido, 5W1H		
Determinação da meta a ser atingida e os itens de controle e verificação dos diversos níveis envolvidos			

Quadro 5.5 – 5ª Etapa: Ação para eliminação das causas

MASP - PDCA		MÉTODO DE LICHTENSTEIN	
Desdobramento	Ferramentas	Desdobramento	Ferramentas
Divulgação do plano de ação a todos os envolvidos	Reuniões participativas		
Definição clara das tarefas e as razões delas, certificando que todos entenderam e concordam com as medidas propostas	Plano, reuniões participativas, técnicas de treinamento		
Execução da ação, registrando todos os resultados bons ou ruins e a data em que foram tomados	Plano, cronograma	TERAPÊUTICA CORRETIVA E PREVENTIVA	

Quadro 5.6 – 6ª Etapa: Verificação da eficácia da ação

MASP - PDCA		MÉTODO DE LICHTENSTEIN	
Desdobramento	Ferramentas	Desdobramento	Ferramentas
Comparação dos resultados coletados antes e após o bloqueio	Gráfico de Pareto, cartas de controle, histogramas		
Elaboração de listagem dos efeitos secundários (colaterais)	Discussão em grupo, listagem dos efeitos positivos e negativos		
Verificação da continuidade ou não do problema, para constatação se os seus efeitos continuam a ocorrer, indicando que a solução apresentada foi falha	Gráfico de controle		
Verificação da efetividade do bloqueio das causas, voltando para a Etapa 2 se a solução for falha	Pergunta: a causa básica foi encontrada e bloqueada?		

Quadro 5.7 – 7ª Etapa: Padronização para eliminação definitiva das causas

MASP - PDCA		MÉTODO DE LICHTENSTEIN	
Desdobramento	Ferramentas	Desdobramento	Ferramentas
Estabelecimento de novo procedimento operacional ou revisão do antigo	5W1H		
Incorporação de um mecanismo à prova de erros ( <i>fool proof</i> ), sempre que possível			
Comunicação para evitar possíveis confusões, com estabelecimento de data de início da nova sistemática, áreas que serão por ela afetadas para que a aplicação ocorra simultaneamente em todos os locais necessários e por todos os envolvidos	Comunicados, circulares, reuniões		
Educação e treinamento para que todos os funcionários estejam aptos a executar o procedimento operacional padrão	Reuniões, palestras, treinamento no trabalho, manual de treinamento		
Realização de acompanhamento periódico da utilização do padrão	Lista de verificação, sistema de verificação do cumprimento do padrão		

Quadro 5.8 – 8ª Etapa: Conclusão – recapitulação de atividades desenvolvidas e planejamento para o futuro

MASP - PDCA		MÉTODO DE LICHTENSTEIN	
Desdobramento	Ferramentas	Desdobramento	Ferramentas
Levantamento dos problemas remanescentes e resultados acima do esperado, como indicadores para futuro aumento na eficácia	Análise dos resultados, demonstrações gráficas		
Reavaliação de itens pendentes, a serem organizados para futura aplicação do MASP			
Análise crítica da atual aplicação do MASP e reflexão sobre as próprias atividades da solução de problemas	Avaliação da atuação na aplicação do MASP, identificação de oportunidades de melhoria		

Os quadros comparativos anteriores revelam, inequivocamente, o método de Lichtenstein (1985) como menos geral do que o MASP-PDCA. Pela condição reducionista, não há correlação completa entre as várias etapas de ambos os métodos.

Entretanto, a comparação é útil por revelar possibilidade de melhorias e ampliação do escopo do método geral ajustado para os SPHS ao se analisar alguns dos desdobramentos do MASP-PDCA sem correspondência direta com aquele. Este é o caso do Quadro 5.6 (Verificação da eficácia da ação), onde há indicação de verificação da continuidade ou não do problema, para constar se os seus efeitos continuam a ocorrer, indicando que a solução apresentada foi falha (efetividade do bloqueio da causa). Neste caso, não foi efetivamente incorporada ao método tradicional a prática da retroalimentação ao investigador de patologias a respeito da eficácia da prescrição por ele proposta para a solução de uma dada patologia, depois de realizada a correspondente terapêutica corretiva.

Também não tem sido habitual na aplicação do método tradicional a elaboração do cronograma físico-financeiro apontado no Quadro 5.2 (Observação das características do problema). Diferentemente de uma organização cuja aplicação do MASP-PDCA inclui o ônus da completa erradicação do problema, o encargo do patologista costuma seguir até a elaboração e entrega do laudo técnico contendo as prescrições terapêuticas. Raramente ele é chamado a acompanhar e orientar as ações corretivas e medidas preventivas propostas, geralmente realizadas por terceiros.

No Quadro 5.7 (Padronização para eliminação definitiva das causas) a comparação permite constatar a inexistência de correspondência nas colunas reservadas ao método tradicional. Neste caso, quando a patologia constatada decorre de falha nos procedimentos de manutenção predial, ou de ausência desta, as respectivas prescrições do MASP apontam a necessidade de se incorporar recomendações preventivas no manual de operação, uso e manutenção da edificação.

Por outro lado, no Quadro 5.3 (Análise das causas principais do problema) nota-se a ausência de correspondência no MASP do desdobramento equivalente ao prognóstico, presente no método tradicional. É provável que tal equivalência não exista pela simples razão dos problemas presentes no âmbito organizacional permitirem antecipadamente um prognóstico quando do seu diagnóstico, ou mesmo quando da sua definição inicial, através dos respectivos sintomas. Já nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários, conforme visto, certas patologias têm caráter progressivo com o tempo, vindo a constituir problemas aos usuários somente depois que as suas manifestações atingem certo grau de intensidade. Por esta razão, a emissão de um prognóstico é essencialmente relevante.

## 5.4 Delineamento preliminar de um método hierarquizado para investigação e supressão de patologias em SPHS

Tendo em vista, de um lado, as peculiaridades anteriormente apontadas dos métodos gerais de investigação e supressão de patologias e os seus desajustes na aplicação aos sistemas prediais hidráulicos e sanitários, e, de outro, as conclusões provindas da comparação com o MASP-PDCA. Segue a proposição de diretrizes para a formulação de um método hierarquizado apropriado, devidamente justificadas. Para tanto, é útil antecipar uma estruturação preliminar, não definitiva desse método, conforme a Figura 5.2. Esta estruturação está desdobrada em atividades na Figura 5.3, adiante comentadas em cada uma de suas etapas, com a correspondente proposição de diretrizes.

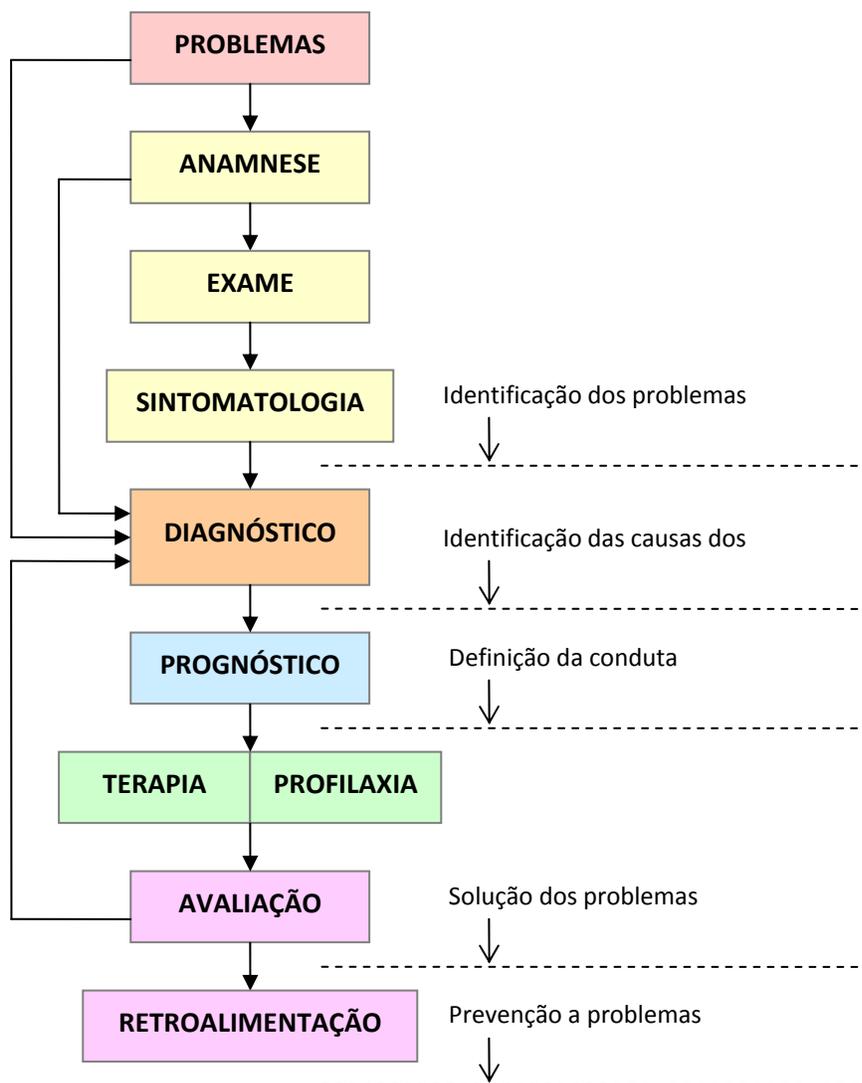


Figura 5.2 – Delineamento preliminar de um método hierarquizado para patologias em SPHS

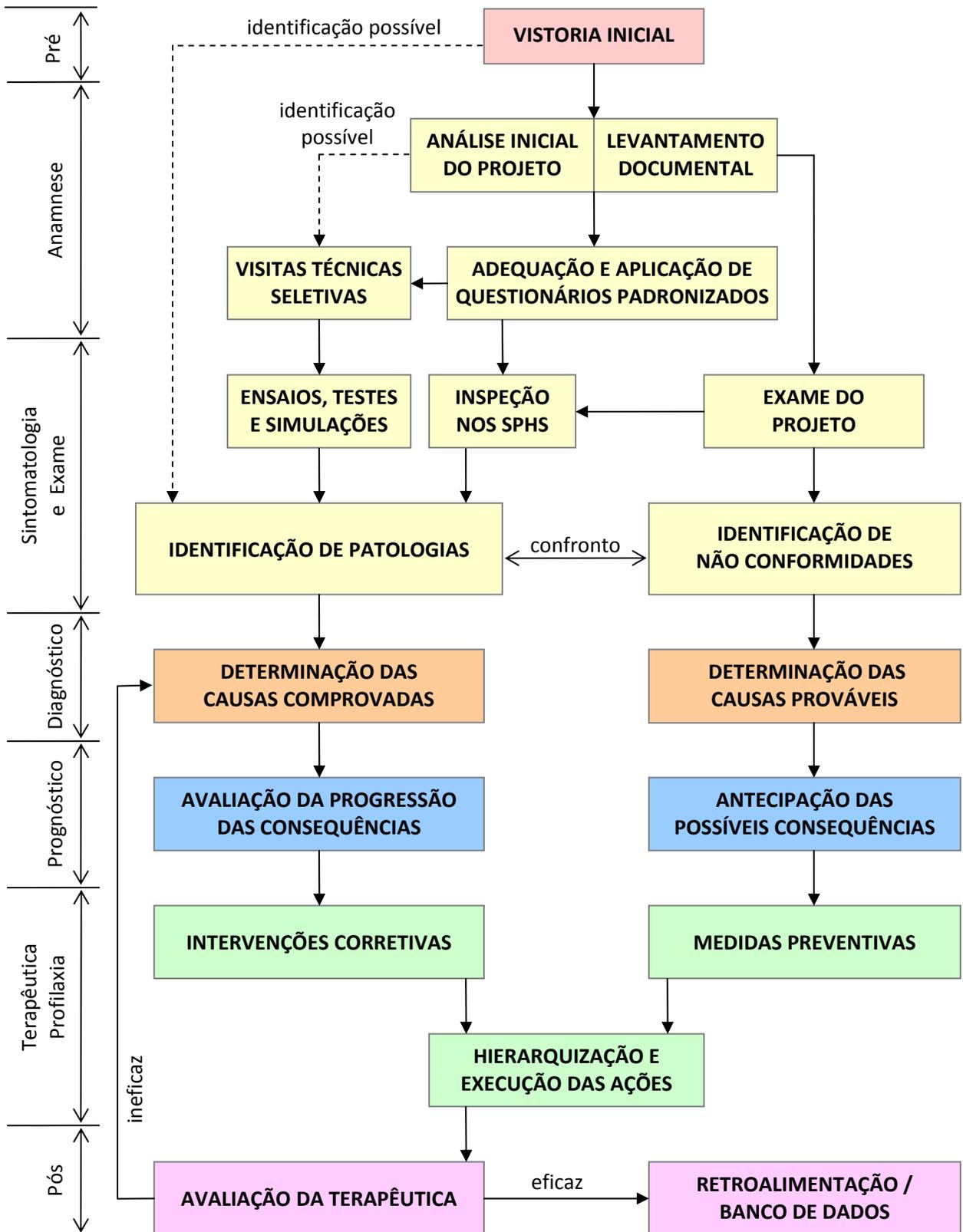


Figura 6.3 – Detalhamento preliminar das ações de um método hierarquizado para patologias em SPHS

A proposição de método hierarquizado na Figura 5.3 serve tanto para a investigação de um problema específico nos SPHS, desprezando-se eventual existência de outras concomitantes, quanto para a situação em que o investigador tem por tarefa o levantamento da totalidade possível de patologias manifestas, latentes e potenciais numa dada edificação. Como esta segunda situação é mais abrangente, será tomada como base e pressuposto para a formulação das correspondentes diretrizes.

## **5.5 Fase inicial: identificação dos problemas – anamnese, sintomatologia, exames**

A fase inicial do trabalho investigativo das patologias e não conformidades nos SPHS de uma edificação consiste no levantamento e caracterização de todos os problemas nela verificados – a fase de “identificação dos problemas” da Figura 5.2. Esta fase compreende as atividades antecedentes à investigação patológica propriamente dita e as etapas de anamnese, sintomatologia e exame, a seguir descritas.

O profissional é geralmente convocado em razão da ocorrência de uma suposta patologia relevante ou de um conjunto de problemas que são notificados pelo solicitante dos serviços com base em sintomas atribuídos a patologias geralmente por leigos. Entre eles geralmente estão os moradores, usuários, funcionários, zelador, síndico, administrador do condomínio e/ou pessoal de manutenção. As supostas patologias reportadas podem ser tanto anomalias construtivas quanto falhas de manutenção.

A finalidade desta primeira fase é a perfeita identificação do maior número de patologias manifestas, latentes e potenciais existentes nessa ocasião nos SPHS do edifício. Isto requer o levantamento da maior quantidade possível de informações, tanto para a caracterização destas quanto para a fase posterior, a do diagnóstico dos problemas, com determinação das suas causas, o que permitirá a formulação de propostas de solução.

### **5.5.1 Vistoria inicial**

Com base em notificação verbal do contratante dos serviços investigativos, realiza-se uma vistoria inicial, com o fito de um primeiro contato com os SPHS do edifício para a constatação dos sintomas reportados. Não é propriamente um exame detalhado e circunstanciado, que será feito mais tarde, baseado em informações mais completas de moradores e usuários, e também no exame dos projetos dos SPHS.

Em grande parte das vezes, a vistoria inicial antecede a contratação dos serviços, sendo realizada para uma avaliação prévia e sucinta dos SPHS do edifício para efeito de emissão de proposta para a prestação dos serviços. Neste caso, portanto, ela é bastante breve e superficial. Aproveita-se a oportunidade para colher registros fotográficos de anomalias e não conformidades mais evidentes. Quando possível, faz-se entrevistas circunstanciais não estruturadas com os ocasionais acompanhantes tanto sobre características dos sintomas constatados, como sobre o histórico dos problemas dos SPHS no edifício, avaliação do seu desempenho e existência de registros das manutenções efetuadas. Também é questionada a existência e disponibilidade de cópia dos projetos dos SPHS do edifício e de manual de operação, uso e manutenção correspondente.

Mesmo realizada nestas condições, a vistoria inicial permite um bom panorama do edifício, sua finalidade, caracterização dos usuários, horários prováveis de utilização dos aparelhos sanitários, familiarização com os SPHS existentes, o que pode ser vistoriado, materiais empregados, etc.

As patologias manifestas e latentes mais ostensivas, e mesmo não conformidades mais evidentes, por vezes já são completamente identificadas por simples inspeção visual durante a própria vistoria inicial do especialista, dispensando informações adicionais dos usuários, aplicação de questionários, realização de ensaios, etc. Este é o caso de falhas de conservação e manutenção, a exemplo de bombas centrífugas inoperantes pela queima do selo mecânico, sujeira acumulada ou dano em placas coletoras de sistemas de aquecimento solar com baixo rendimento e consumo excessivo da fonte energética complementar (Figura 5.4), caixas de gordura saturadas pela falta de remoção periódica de material graxo retido (Figura 5.5), etc.



Figura 5.4 – Vistoria inicial: constatação de falta de manutenção – acúmulo de sujeira em placas solares cujo sistema de aquecimento apresenta elevado consumo energético complementar



Figura 5.5 – Vistoria inicial: constatação de falha de manutenção – caixa de gordura saturada de material graxo retido (esq. e centro), ocasionando entupimento no escoamento de esgoto, e depois de limpa (dir.)

A vistoria inicial, pela própria extensão e alcance do exame, realizado geralmente apenas com o concurso dos sentidos humanos, dispensa a utilização de instrumentos. Os seus resultados, contudo, devem ser cuidadosamente registrados para facilitar o diagnóstico. A vistoria também é útil para se avaliar a gravidade dos problemas inicialmente reportados, ou seja, o grau de risco oferecido à segurança ou à saúde dos usuários. Em alguns casos são detectadas patologias desta estirpe, requerendo a recomendação de providências imediatas, dada a periclituação da saúde ou vida de usuários do edifício.

A Figura 5.6 exemplifica uma situação destas, em que se nota a presença de um aquecedor de passagem a gás de combustão aberta convencional desprovido de chaminé individual, lançando os produtos tóxicos de combustão dentro da lavanderia de apartamento residencial desprovida de aberturas obrigatórias de ventilação permanente.



Figura 5.6 – Vistoria inicial: constatação de patologia que representa risco à vida – aquecedor de passagem a gás desprovido de chaminé individual e instalado em ambiente sem aberturas de ventilação permanente

No caso em questão, o risco de vida é agravado pela concomitância de três circunstâncias: o lançamento dos gases de combustão dentro da própria lavanderia pela ausência de chaminé individual, a inexistência de aberturas de ventilação permanente para renovação do oxigênio do ar interno, consumido na combustão do gás e a possibilidade de fechamento quase hermético do ambiente (porta e janela).

Quando ocorre a queima incompleta do gás, ou seja, quando a sua combustão não se dá em proporções estequiométricas com o oxigênio componente do ar atmosférico presente dentro do ambiente em que o aquecedor fica instalado, ocorrem dois fatores de risco simultâneos: a redução na concentração do oxigênio do ar ambiente e a produção de gases tóxicos de combustão, como o monóxido de carbono (CO). Este é gás altamente tóxico, inodoro e mais leve do que o ar. Ele é facilmente assimilado dentro dos alvéolos pulmonares em detrimento do oxigênio, gerando assim a carbohemoglobina. Esta impede a oxigenação cerebral, podendo provocar desmaio e até morte por asfixia, dependendo da concentração e do tempo de inalação. Uma pessoa exposta a uma concentração de apenas 1,28% de CO no ar perde a consciência após duas ou três inalações e morre depois de um a três minutos (SECCO, 1982). Esta é a assim chamada “morte branca”, cujo único sintoma na vítima é a repentina perda dos sentidos. Antunes (2005) relatou 28 mortes de pessoas nestas condições, entre 2001 e 2005, somente na região de Curitiba – PR. Situações como esta infelizmente ainda ocorrem, principalmente em dias muito frios; apesar de esporádicas, são persistentes em se repetir todos os anos no país. Para evitá-las a norma NBR 13103:2006 (ABNT, 2006) exige duas aberturas de ventilação permanente em ambientes que alojam aquecedores de água a gás: uma abertura superior com a base situada em altura não inferior a 1,50 m do piso e área efetiva de frestas mínima de 400 cm<sup>2</sup>, e outra abertura inferior com o topo situado a uma altura não superior a 0,80 m do piso e área efetiva de frestas mínima de 200 cm<sup>2</sup>.

No caso exemplificado, tendo notado a existência de condições como esta durante a vistoria inicial, depois da necessária conscientização dos moradores sobre a gravidade da situação e riscos a que ficam sujeitos, deve-se recomendar sumária e imediata interdição da operação do equipamento até a sua regularização. Este consiste no abaixamento da altura de instalação em relação ao piso para permitir a colocação de chaminé individual dentro das especificações normativas (Figura 5.7) e instalação de aberturas de ventilação permanente inferior e superior no ambiente com áreas mínimas (ABNT, 2006).

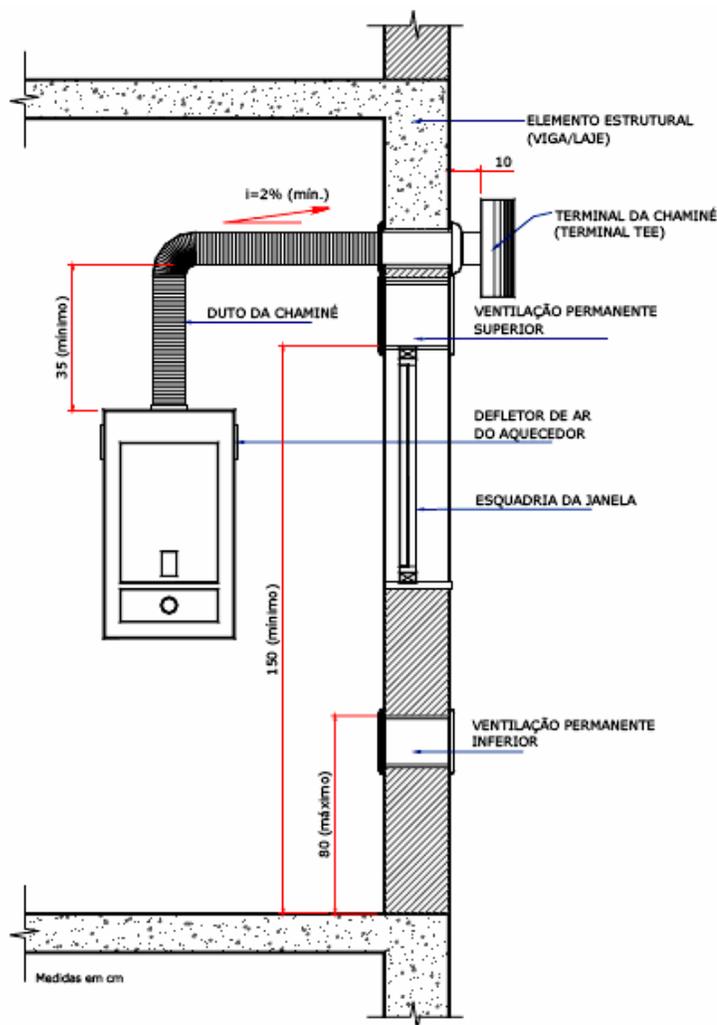


Figura 5.7 – Exigência de chaminé individual para aquecedor de água a gás e de aberturas superior e inferior de ventilação permanente no ambiente

### 5.5.2 Anamnese das patologias

Realizada a vistoria inicial e já registrados os primeiros dados sobre sintomas de patologias manifestas e não conformidades, o próximo estágio do método hierarquizado é o levantamento do máximo de informações sobre os problemas que acometem os SPHS em investigação. Isto com a finalidade da sua identificação e caracterização para facilitar o posterior diagnóstico, na suposição deste não ter sido possível já a partir da vistoria inicial.

A anamnese compreende análise inicial do projeto dos SPHS, levantamento de documentos complementares, adequação e aplicação de questionários padronizados e específicos aos usuários e realização de visitas técnicas seletivas a partes do edifício.

Na etapa de anamnese é feito o levantamento do histórico dos problemas reportados e até aqui identificados, bem como o histórico do edifício e de todos os fatores que possam ter contribuído para o aparecimento de manifestações patológicas, bem como a sua evolução temporal (CAMPANTE, 2001). Isto ocorre porque, segundo já visto, nos SPHS uma patologia potencial pode evoluir para a condição de patologia latente e depois para uma patologia manifesta. O termo anamnese bem serve para denominar esta etapa de aplicação do método hierarquizado, uma vez que significa rememorar os fatos relacionados à doença e ao doente. Campante (2001, p. 194) lembra que “uma anamnese bem feita conduz a diagnósticos e decisões de terapia corretos, ao passo que uma mal elaborada geralmente leva a uma série de conseqüências negativas que não são resolvidas nem mesmo recorrendo-se a exames sofisticados”.

#### **a) análise inicial do projeto de SPHS**

A finalidade desta primeira análise, em linhas gerais, é tomar conhecimento do projeto dos SPHS sob investigação, quando disponível. Ela consiste na verificação de todos os elementos gráficos constituintes: plantas baixas, esquemas verticais, desenhos isométricos ou elevações ampliadas de paredes, detalhes de esgoto e detalhes construtivos padronizados e específicos. Também são objetos de verificação inicial o correspondente memorial descritivo e a especificação técnica de materiais e serviços.

A análise inicial dá, em geral, uma boa dimensão das soluções técnicas previstas pelo autor do projeto para os SPHS. São exemplos as características construtivas (embutimento de tubulações em alvenarias, adoção de *shafts*, previsão de sistema de distribuição de água fria e quente ponto a ponto nos ambientes sanitários (NAKAMURA, 2003), etc.) e noção de sua adequação ao sistema construtivo adotado (construção convencional, alvenaria estrutural, lajes protendidas, sistema *drywall*, etc.). Além disso, permite a adequação de um questionário padronizado genérico às características próprias do edifício, com supressão de tópicos não aplicáveis e eventual inclusão de itens específicos. Por exemplo, devem ser suprimidas as questões relativas a aquecedores de acumulação centrais privados quando o projeto especifica exclusivamente aquecedores instantâneos (ou de passagem). Outro exemplo é a supressão de questões relativas à percepção de golpes de aríete (Figura 1.4) se o edifício é exclusivamente atendido por bacias sanitárias com caixas de descarga.

Esta primeira análise também permite a constatação precoce de erros de projeto mais evidentes causadores de patologias. Neste caso, a manifestação ou não destas patologias deverá ser confirmada no edifício, valendo-se de três recursos: aplicação de questionários adicionais específicos para os usuários das unidades ou envolvidos com as regiões supostamente afetadas, realização de visitas técnicas seletivas a esses locais para a constatação dos sintomas e, finalmente, a promoção de ensaios (adiante detalhados) simulando uma condição desfavorável que desencadeará o aparecimento desses sintomas.

#### **b) Levantamento documental e cadastral**

Também com o objetivo da coleta do maior número possível de informações sobre o edifício e os seus SPHS em estudo, que possam permitir a identificação de patologias, segue-se o levantamento documental e cadastral.

Além dos dados cadastrais de praxe do edifício, procura-se obter informações sobre o histórico das manutenções realizadas, principalmente o registro das manutenções mais recentes, dados das empresas e profissionais que as empreenderam, tipo de serviço realizado, registro de causas das falhas, equipamentos e componentes substituídos, etc.

Outro documento importante nesta etapa, ainda relativo à manutenção, é o manual de operação, uso e manutenção do edifício, quando disponível, certamente contendo informações e recomendações relativas aos SPHS. A confecção deste documento pelo responsável pela produção da edificação foi tornado obrigatório pelo Código de Defesa do Consumidor (BRASIL, 1990). Ele deve ser formalmente entregue ao primeiro proprietário de unidade condominial, subdividido em duas seções: o manual do proprietário (relativo à sua área privativa) e o manual do síndico (relativo às áreas comuns do edifício), juntamente com um jogo do projeto e as especificações técnicas.

A norma NBR 14037:1998 (ABNT, 1998b), de atendimento compulsório neste caso, estabelece o conteúdo e faz recomendações para formulação e apresentação destes manuais. O seu atendimento deve ser verificado quando o serviço contratado for a elaboração de um laudo de recebimento de obra, no tocante aos SPHS. Neste caso, o próprio descumprimento da referenciada norma na elaboração do manual já configura em si uma não conformidade.

O manual deve trazer um campo específico para os registros de manutenção, advertência da obrigação em se atualizar o conteúdo sempre que ocorrerem modificações e conter uma descrição sucinta da edificação e seus sistemas. Além disto, relativamente aos SPHS, deve trazer, no mínimo, as seguintes informações:

- procedimentos para a colocação em uso (comissionamento);
- procedimentos recomendados de operação, uso e manutenção;
- procedimentos em situações de emergência;
- procedimentos para inspeções técnicas rotineiras de manutenção;
- responsabilidades e garantias.

Ademais, a norma citada determina que sejam destacados no manual os itens que afetam a segurança e salubridade da edificação e suas partes, os riscos decorrentes de negligência com a manutenção e com prescrições do próprio manual, e detalhados os aspectos de difícil percepção nas atividades de operação, uso e manutenção.

Vale enfatizar que o acesso a um manual bem elaborado na fase de levantamento documental da aplicação do método hierarquizado facilita muito a atividade do investigador de patologias. Isto é particularmente válido no tocante à posterior identificação de patologias decorrentes de falhas de manutenção, a ser empreendida com as demais ferramentas da etapa de anamnese das patologias nos SPHS da edificação, principalmente a inspeção predial. Nesta ocasião, deve haver preocupação, por parte do investigador, em verificar o atendimento à norma de manutenção predial, a NBR 5674:1999 (ABNT, 1999a).

Por fim, uma leitura bem feita do manual de operação, uso e manutenção e dos registros de manutenção remete a tópicos a serem verificados quando do subsequente exame do projeto de SPHS do edifício. Isto porque uma falha de concepção do projeto, um erro de dimensionamento ou a especificação inadequada de materiais e componentes, por exemplo, podem induzir o aparecimento de problemas na forma de falhas frequentes que requerem manutenção. Um exemplo disto está no superdimensionamento de um trecho inicial de subcoletor ou de coletor predial de esgoto sanitário, a partir da base de um tubo de queda. Isto se caracteriza pelo aumento da seção da tubulação horizontal em relação à vertical que a antecede no sentido do escoamento, tal como mostra a Figura 5.8.



Figura 5.8 – Exemplo de erro de dimensionamento que gera manutenção: aumento indevido da seção do coletor predial de esgoto ocasionando entupimentos frequentes

Neste caso, o aumento de seção da tubulação na transição do escoamento vertical para o horizontal leva a uma redução da altura de lâmina líquida a jusante e à diminuição na velocidade do escoamento de esgoto. Este fato enseja a precipitação de material sólido em suspensão, sob transporte por via hídrica, na região onde a sua velocidade cai abaixo de 0,2 m/s, segundo Graça (1985), e ainda o seu atrito contra a superfície interna do subcoletor ou coletor predial (Figura 5.9). Isto acaba por ocasionar entupimentos, que demandam intervenções periódicas de manutenção.

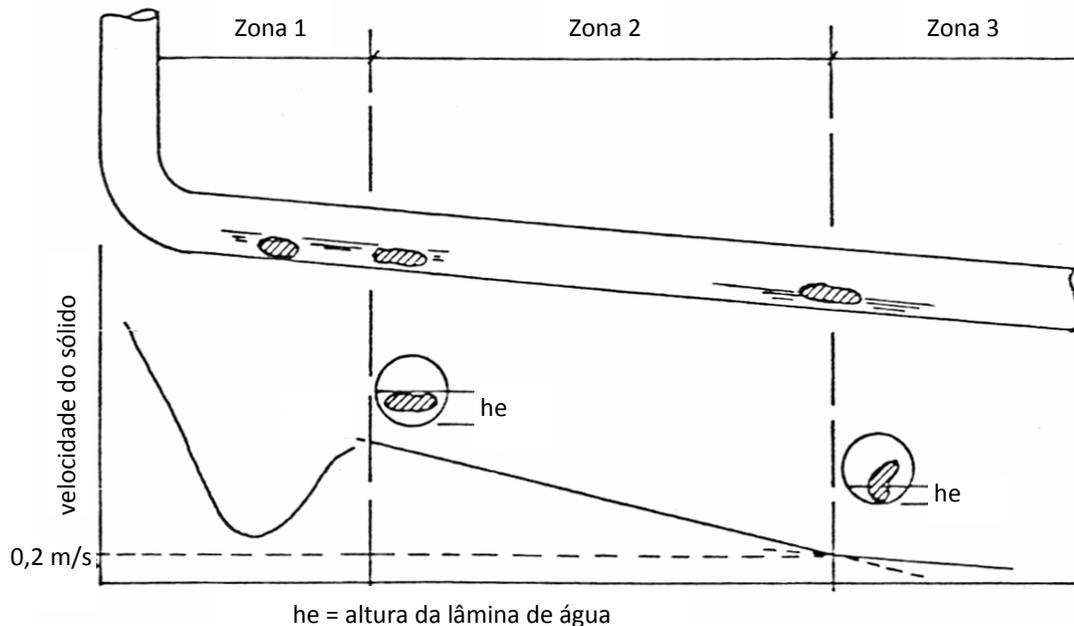


Figura 5.9 – Deposição de sólidos na região inicial de subcoletor devido à redução da velocidade de escoamento e da altura da lâmina líquida em caso de aumento de seção da tubulação (Fonte: GRAÇA, 1985).

### **c) Aplicação de questionários padronizados aos usuários**

Uma vez vistoriadas sumariamente as partes acessíveis dos SPHS, conhecido superficialmente o respectivo projeto e analisada a documentação complementar, a exemplo dos registros de manutenção, segue-se obter das pessoas que os utilizam informações detalhadas sobre eventuais anomalias e falhas. Estas são constatadas por meio de sintomas em princípio atribuídos a patologias em tais sistemas do edifício.

Para tanto são distribuídos questionários padronizados aos usuários de unidades condominiais (moradores, ocupantes de conjuntos comerciais, etc.), adaptados caso a caso de um questionário genérico. Este, na verdade, é um registro geral ou banco de dados de todas as questões formuladas em investigações patológicas realizadas anteriormente pelo profissional e que reflete a experiência acumulada nesta etapa. Isto ocorre para facilitar a formulação das questões a cada novo empreendimento a investigar, uma vez que grande parte das patologias e não conformidades é recorrente em diferentes edifícios. Ao final da aplicação do método em cada nova edificação, o banco de dados de questões padronizadas pode ser realimentado com questões inéditas e mais específicas.

Para facilidade no uso e seleção das questões a aplicar num dado edifício, em razão das peculiaridades dos seus SPHS e aparelhos sanitários, o banco de dados deve ser devidamente organizado por tópicos; por exemplo, segundo uma subdivisão de perguntas sobre sintomas por ambiente sanitário (sanitários, cozinha, etc.) e/ou por subsistema (água fria, esgoto, etc.).

O questionário deve conter perguntas simples e objetivas, com linguagem não técnica, pois deve ser compreensível para leigos, versando fundamentalmente sobre sintomas, a exemplo das exemplificadas a seguir, que não esgotam o assunto:

- mau cheiro proveniente de ralos e sifões sem que estejam recebendo contribuições de esgoto de aparelhos sanitários do próprio ambiente;
- refluxo de esgoto ou retorno de espuma a partir de ralos e sifões sem que estejam recebendo contribuições de esgoto de aparelhos sanitários do próprio ambiente;
- ruídos provenientes de ralos e sifões sem que estejam recebendo contribuições de esgoto de aparelhos sanitários do próprio ambiente;
- oscilações nos fechos hídricos de bacias sanitárias sem que estejam em uso ;

- ruídos semelhantes a pancadas após o acionamento de válvulas de descarga;
- ruídos semelhantes a pancadas sem que as válvulas de descarga estejam em uso;
- dificuldade ou lentidão no escoamento de água utilizada em aparelho sanitário;
- facilidade de entupimento da bacia sanitária;
- existência de torneiras gotejando;
- oscilações frequentes na temperatura do banho;
- chama de cor amarela no aquecedor a gás com eliminação de fuligem preta;
- cheiro de gás fraco porém permanente no corredor de acesso ao apartamento;
- transbordamento de água que reflui do ralo da sacada quando há chuva forte;
- ocorrência de jatos alternados de água e de ar sempre que o chuveiro é acionado;
- dificuldade no acionamento das válvulas de descarga (botão “muito duro”);
- demora sensível entre o acionamento do botão e a descarga em bacia sanitária;
- silvos agudos durante o reenchimento de caixa de descarga de bacia sanitária;
- hábito de manter os registros de água fria e quente permanentemente abertos e usar a ducha higiênica somente com o acionamento do gatilho.

A vantagem da aplicação de um questionário padronizado, previamente montado e adequado ao empreendimento sob investigação, está no fato dele induzir o responsável pelo preenchimento a responder sobre sintomas que certamente não lembraria caso fosse solicitado a reportar livremente sobre problemas presenciados que atribuiu aos SPHS. Mesmo assim, deve haver um campo subsequente ou coluna em branco associada a cada resposta com espaço próprio e suficiente para que ele a complemente, se assim desejar. Espera-se que conte com o auxílio de outros ocupantes da mesma unidade condominial para notificar sintomas que pessoalmente não presenciou, mas que foram notados por eles. Também deve haver campo próprio para registro de manutenções (regulagens, substituição de componentes, etc.) realizadas em épocas mais recentes na unidade condominial.

No caso de edifícios de apartamentos residenciais, deve-se incentivar que o questionário conte com notificações provenientes de eventuais diaristas ou empregadas domésticas, pois, muitas vezes, são as únicas a presenciar sintomas de patologias em horários de ocorrência mais frequentes, quando os moradores estão ausentes.

Além de perquirir os sintomas, nas instruções de preenchimento do questionário padronizado deve-se solicitar que o responsável reporte dados relevantes por ele correlacionados aos sintomas constatados. Entre eles estão a frequência de ocorrência, horários do dia e/ou dias da semana mais suscetíveis de acontecerem, ocorrência simultânea ou prévia de chuva ou vento forte, vinculação da ocorrência a determinado fato, a exemplo da variação da temperatura do banho quando outro aparelho sanitário é acionado, etc.

O preenchimento e devolução de mais de 75% dos questionários padronizados é considerado satisfatório, uma vez que a atividade de investigação de patologias em SPHS não compreende, em princípio, inspeções detalhadas em todas as unidades condominiais. Isto se justifica por questão de custo-benefício. Visitas generalizadas a essas unidades, além de demandarem tempo expressivo no processo investigatório, causam transtornos e incômodos de natureza variada aos ocupantes, requerem antecipado agendamento nem sempre respeitado pelos interessados, que por vezes destinam horários inconvenientes ou muito restritos, e podem trazer resultados pouco expressivos face aos problemas estudados. Além disso, um grande percentual das respostas dos questionários são referentes a falhas nos aparelhos sanitários e em componentes dos SPHS pertencentes à própria unidade condominial, revelando manutenção insuficiente ou inexistente por parte dos seus responsáveis.

Por tais motivos, a partir da análise dos questionários padronizados devolvidos preenchidos, são selecionadas unidades condominiais de interesse para a realização de visitas técnicas seletivas. Estas devem ser agendadas com os ocupantes que presenciaram sintomas relevantes. As visitas seletivas são escolhidas em função de respostas sobre sintomas de possíveis patologias de maior gravidade, seja por que há possibilidade de ameaça à saúde ou segurança das pessoas, seja pelo grau de incômodo característico reportado. Tais visitas estão descritas mais adiante.

Depois de recolhidos os questionários preenchidos, deve ser feita uma minuciosa análise e tabulação dos resultados, ainda na forma de sintomas, compondo um quadro-resumo, tal como o apresentado no Apêndice C, com dados relevantes dos questionários padronizados por aparelho sanitário e ambiente sanitário, mostrando as unidades condominiais afetadas.

Isto permite montar um mapeamento dos sintomas e anomalias distribuídos ao longo dos pavimentos em edifícios verticalizados, mostrado no Apêndice D. Este mapeamento é especialmente útil para o posterior diagnóstico de patologias funcionais, como a ocorrência do fenômeno da sobrepressão em desconectores (ralos e sifões) dos andares mais baixos (Figuras A1.3 e A1.4). Note-se no mapeamento do Apêndice D a notificação de refluxos de esgoto da caixa sifonada situada dentro do box do banheiro de casal no apartamento do 1º andar, sugerindo tratar-se de sobrepressão. Para o diagnóstico efetivo deste problema exemplificado, falta confirmar a ligação do respectivo ramal de esgoto em região de sobrepressão na base do correspondente tubo de queda, a ser feita no exame detalhado do projeto. Além disso, pode-se posteriormente realizar uma simulação no edifício de descargas provenientes de andares mais elevados nesse mesmo tubo de queda e constatar a ocorrência do fenômeno, para finalmente estabelecer a causa e propor uma solução.

#### **d) Aplicação de questionários específicos e realização de visitas técnicas seletivas**

Na fase de análise das respostas dos questionários padronizados e respectiva tabulação, podem surgir sintomas sugestivos de patologias mais graves, ou não originadas na própria unidade condominial ou de maior relevância do que a ausência de manutenção em aparelhos sanitários e componentes dos SPHS acessíveis nos ambientes sanitários. Este é o caso ao serem reportados, por exemplo, sintomas sugestivos da ocorrência de vazamentos atribuídos aos SPHS, de golpes de aríete durante a operação de válvulas de descarga de bacias sanitárias e de refluxos de espuma provenientes de desconectores (ralos e sifões) de área de serviço, entre outros.

Para se ter informações mais detalhadas sobre estes sintomas, visando posterior diagnóstico correto das patologias correspondentes, são enviados para as unidades condominiais, onde foram notados, questionários específicos sobre aquele ou aqueles problemas reportados, com a intenção de melhor caracterizá-los. Por exemplo, em se tratando de notificação de retornos de espuma esporádicos, o questionário específico trará perguntas para aprofundar o conhecimento da manifestação do fenômeno. Poderá, por exemplo, conter perguntas a respeito dos dias da semana e horários das ocorrências habituais, a intensidade do expelimento da espuma pelo ralo sifonado e pelo tanque da lavanderia (conforme supostamente reportado), se o fenômeno coincide com o deságue da

própria máquina de lavar roupa, se ocorre mesmo na ausência dos moradores, se em outras ocasiões houve refluxo de esgoto, etc.

Caso as respostas aos questionários específicos de problemas que requerem mais atenção não sejam suficientes para a sua caracterização, ou mesmo propositalmente, deve-se realizar visitas técnicas seletivas às correspondentes unidades condominiais. Estas podem ter dupla intenção: tentar presenciar a manifestação do problema para já identificar a patologia e em seguida diagnosticá-la, e proceder a entrevistas não estruturadas específicas com as pessoas que testemunharam a sua ocorrência. Isto possibilita conferir as respostas dadas aos questionários específicos e obter mais detalhes acerca da patologia.

Além de problemas nos SPHS das unidades condominiais de interesse, a análise e tabulação das respostas dos questionários padronizados podem sugerir problemas originários das áreas comuns do edifício, como o golpe de aríete no desligamento das bombas de recalque de água potável (Figura 1.4). Neste caso, são também aplicados questionários específicos a todos os envolvidos com esta parte dos SPHS: funcionários do condomínio (zelador, encarregado de manutenção, etc.) ou a equipes ou profissionais que habitualmente exercem funções de manutenção nos sistemas prediais em apreço do edifício. Igualmente, em havendo necessidade, eles poderão ser alvo de entrevistas não estruturadas sobre os problemas que os envolveram.

### **5.5.3 Sintomatologia e exames**

Conforme visto, na oportunidade das visitas selecionadas a unidades condominiais de interesse para a investigação patológica nos SPHS do edifício, são colhidos e registrados os relatos verbais de moradores, funcionários e prestadores de serviço acerca de determinados sintomas. Nesta oportunidade são feitas possíveis correlações de sua ocorrência com outros eventos que podem facilitar o diagnóstico, como a incidência concomitante de ventos fortes ou chuva intensa, etc. Esses dados devem ser igualmente registrados.

Passa-se, a seguir, ao estudo dos sintomas de patologias levantados, atividade designada sintomatologia na proposta do método hierarquizado. Descarta-se de antemão os sintomas já identificados como não relacionados aos SPHS, indevidamente atribuídos.

Este estudo conduz a suspeitas de ocorrências de patologias, que poderão ser confirmadas ou refutadas mediante realização de ensaios, testes e simulações, seguindo-se o exame do projeto e a inspeção aos SPHS da edificação.

### a) Realização de ensaios, testes e simulações

Diversamente da investigação de patologias em outras áreas da construção civil, a exemplo das realizadas em revestimentos de fachadas de edifícios e em elementos estruturais, a empreendida nos SPHS em geral prescinde de instrumentação mais elaborada, assim como de exames e análises de laboratório. Há diversas razões para tanto. Entre elas estão a dificuldade de extração de amostras sem que o sistema investigado deixe de operar, dificuldade de deslocamento e ativação de instrumentação onerosa, delicada e volumosa em campo, intervenção muitas vezes destrutiva para instalação de instrumentos e dificuldades na generalização de dados de pontos específicos do sistema.

Os instrumentos ideais para a realização de ensaios e medições para confirmação ou refutação da suspeita de ocorrência de certas patologias, em razão de sintomas típicos levantados, são aqueles de fácil transporte, rápida instalação e remoção e que não requeiram intervenção ou suspensão da operação do sistema para tanto (ditos, neste caso, não invasivos). Como exemplos de equipamentos que atendem estes requisitos, cita-se o geofone para a detecção de vazamentos em trechos ocultos de condutos forçados, medidores de vazão de água ultrassônicos e por tempo de trânsito (Figura 5.10) e o analisador de gás, para detecção de vazamento de gás combustível (Figura 5.11).



Figura 5.10 – Medidores de vazão não invasivos por ultrassom e por tempo de trânsito (Fonte: catálogo Nivetec)

Entretanto, na maioria dos casos, testes e ensaios simples e de realização rápida podem ser realizados prescindido-se de instrumentos e equipamentos caros e sofisticados.

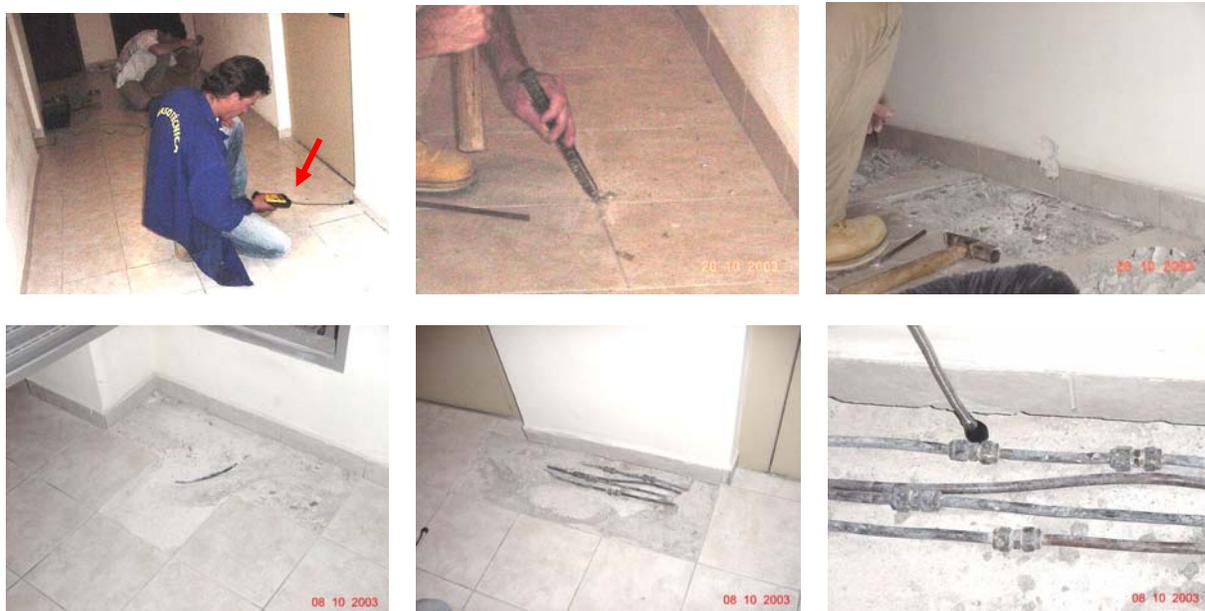


Figura 5.11 – Pesquisa e detecção de vazamento de gás em acoplamento de tubulação de cobre flexível (*dryseal*) indevidamente embutida em contrapiso

Quando a resposta de um questionário indicar como sintoma, por exemplo, o frequente cheiro de gás nas proximidades do abrigo de medidores de gás, situado no hall de acesso a apartamentos num certo pavimento do edifício, em lugar de se recorrer a equipamentos de detecção ou de medição, como um analisador de gás (Figura 5.11), para constatar o problema pode-se simplesmente aplicar espuma nas conexões acessíveis.

Os procedimentos de diversos ensaios presentes em normas da ABNT para sistemas novos, e respectivos critérios de desempenho, podem ser aproveitados para a constatação de patologias em SPHS (aqui não descritos), entre os quais se destacam:

- ensaios de estanqueidade com água, ar comprimido e fumaça em tubulações do sistema predial de esgoto sanitário, conforme Anexo G da NBR 8160:1999 (ABNT, 1999b, p. 66);
- teste de verificação da proteção contra retrossifonagem em dispositivos de prevenção ao refluxo do sistema predial de água fria, conforme Anexo B da NBR 5626:1998 (ABNT, 1998a, p. 34);

- ensaio de estanqueidade com água pressurizada em tubulações do sistema predial de água fria, conforme artigo 6.3.3 da NBR 5626:1998 (ABNT, 1998a, p. 21);
- ensaio de estanqueidade em peças de utilização e em reservatórios domiciliares do sistema predial de água fria, conforme artigo 6.3.4 da NBR 5626:1998 (ABNT, 1998a, p. 22);
- ensaio de estanqueidade com água quente a 80°C pressurizada em tubulações do sistema predial de água quente, conforme artigo 6.1.1.1 da NBR 7198:1993 (ABNT, 1993, p. 5);
- ensaio de estanqueidade com ar comprimido ou gás inerte em tubulações do sistema predial de gás combustível, conforme artigo 8.1 da NBR 15526:2009 (ABNT, 2009, p. 22);
- medição do nível de emissão de CO<sub>n</sub> em chaminé individual de aquecedor de água a gás, conforme Anexo G – Item G.3 da NBR 13103:2006 (ABNT, 2006, p. 36);
- medição do nível de O<sub>2</sub> e de CO acumulado em ambiente contendo aquecedor de água a gás, conforme Anexo G – Item G.4 da NBR 13103:2006 (ABNT, 2006, p. 37);
- ensaio de funcionamento dos equipamentos e de estanqueidade com água pressurizada nas tubulações do sistema predial de combate a incêndio por hidrantes, conforme Anexo C da NBR 13714:2000 (ABNT, 2000, p. 20);
- testes hidrostáticos e operacionais em sistema de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos, conforme Item 10 da NBR 10897:2007 (ABNT, 2007, p. 56).

Além destes testes e ensaios, com a cooperação de moradores, segundo o que ditar a necessidade em cada caso, pode-se ainda realizar simulações de escoamentos de água e de esgoto esperados durante períodos de pico de contribuição. Estas simulações permitem a constatação ou comprovação efetivas de certos sintomas previamente relatados, a exemplo de oscilações de temperatura da água de banho e do fenômeno de refluxo de espuma.

Como as normas brasileiras não caracterizam uma situação de pico de utilização, pode-se recorrer a dados de normas estrangeiras de uso consagrado, a exemplo do *International Plumbing Code* (ICC, 2000, p. 21) e, no caso do sistema predial de esgoto sanitário, da BS 5572:1994 (BSI, 1994).

Na falta de dados atualizados de fontes nacionais, esta norma traz considerações sobre o número de aparelhos sanitários que devem descarregar de forma simultânea em função do número total de aparelhos sanitários de mesmo tipo instalados, para simular uma condição de pico de utilização num tubo de queda do edifício, conforme Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Simultaneidade de descargas para simulação de pico de contribuição (Fonte: BS 5571 (BSI, 1994))

Nº aparelhos de cada espécie existentes no tubo de queda	Nº aparelhos a descarregar		
	BS	LV	PC
1 a 9	1	1	1
10 a 24	1	1	2
25 a 35	1	2	3
36 a 50	2	2	3
51 a 65	2	2	4

BS = bacias sanitárias; LV = lavatórios; PC = pias de cozinha

Em linhas gerais, para efeito de diretrizes na aplicação do método hierarquizado, este permitiu até este ponto a caracterização e o conhecimento sumário do edifício e do respectivo projeto de SPHS. Também permitiu o levantamento de sintomas atribuídos a patologias nestes sistemas, inclusive com a realização de visitas seletivas e de ensaios e simulações. Isto já possibilitou a identificação antecipada e conclusiva de patologias e de não conformidades, porém podem restar outras ainda a identificar. A próxima etapa consiste na realização de exames mais aprofundados tanto no projeto quanto no próprio edifício. Neles podem ser verificados muitos dos sintomas levantados e mapeados com o fim de identificar patologias correspondentes.

#### **b) Exame do projeto de SPHS para levantamento de patologias e não conformidades**

Segue-se metuculoso exame dos projetos executivos dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários, de gás combustível e de prevenção e combate a incêndio da edificação objeto da perícia. Estes projetos são constituídos por elementos gráficos e documentação complementar (PIMENTA *et al.*, não datado): plantas baixas, esquemas verticais, detalhes de centrais técnicas, ambientes sanitários e áreas molhadas na forma de ampliações (detalhes de esgoto), perspectivas (por exemplo, isométricas) e/ou elevações de paredes onde correm tubulações, além de detalhes construtivos padronizados e específicos,

memorial descritivo, especificação técnica de serviços e especificação técnica de materiais. Também devem ser analisados os desenhos “conforme construído” (*as built*), uma vez que a etapa de exame dos projetos facilita o exame por inspeção visual aos SPHS do edifício.

Almeida (1994) recomenda também o exame complementar de desenhos cadastrais de alterações pós-ocupação (caso de reformas parciais, ampliações, etc.) e dos projetos legais. Entre estes, os mais frequentes costumam ser o projeto legal de prevenção contra incêndio para aprovação no Corpo de Bombeiros, o projeto legal de gás combustível para aprovação na companhia concessionária de distribuição de gás e o projeto legal dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários para aprovação na companhia concessionária de distribuição de água e coleta de esgoto. Conforme o estado, município e legislação local, outros projetos legais podem complementar a lista, como o projeto legal de reservatório de retenção de águas pluviais e o projeto de poço artesiano.

As soluções previstas em todos esses projetos devem ser confrontadas com as recomendações, prescrições, exigências, proibições, requisitos e critérios de desempenho constantes de normas técnicas correlatas da ABNT, principalmente se o sistema investigado integra edificação objeto de relação de consumo (BRASIL, 1990). Além destas, os projetos devem ser confrontados com regulamentos legais de órgãos fiscalizadores com jurisdição local. São exemplos o regulamento de prevenção contra incêndio do Corpo de Bombeiros e os regulamentos das companhias concessionárias, como o regulamento de instalações prediais de gás e o de água e esgoto.

Para o levantamento de não conformidades legais, regulatórias e normativas, é importante que os projetos sejam confrontados com normas, regulamentos e leis vigentes à época da sua elaboração e também durante o período de construção do edifício, uma vez que legislação posterior, neste caso, não pode ter aplicação retroativa.

Ainda na fase de exame do projeto executivo, devem ser verificadas as memórias de cálculo, cuja posterior disponibilidade tem sido uma grata exceção. Na sua ausência, devem ser refeitos dimensionamentos relevantes de tubulações e equipamentos que possam guardar eventual correlação com os sintomas patológicos reportados e/ou constatados. Isto permite verificar a sua adequação aos sistemas prediais a que pertencem e estabelecer a clara e correta identificação de eventual patologia deles decorrente e determinação da correspondente causa.

Para facilitar esta atividade, pode-se dispor de tabelas práticas cobrindo os principais dimensionamentos, quando nelas baseados, além de um formulário útil. Atualmente estão disponíveis programas de computador que realizam com agilidade e precisão estes dimensionamentos, a partir de informações do projeto. Entretanto, quando for o caso, deve-se cuidar de conferir os dimensionamentos de interesse valendo-se dos mesmos critérios empregados ou adotados pelo autor do projeto (caso corretos), e que deveriam estar declarados no respectivo memorial descritivo. Esta atitude visa salvaguardar o investigador de patologias contra um veredito leviano de erro de dimensionamento como causa de uma dada manifestação patológica.

Outro aspecto a verificar durante o exame do projeto executivo é a adequação, coerência e compatibilidade entre as soluções técnicas adotadas e a finalidade, tipologia, características construtivas e outras peculiaridades da edificação. Tal situação pode dar causa a patologias que, neste caso, decorrem de falhas de concepção do projeto. Situações como esta são relativamente delicadas, uma vez que o investigador em geral não se vê amparado por regras textuais (normas, regulamentos, etc.) contra as quais confrontar tais soluções. Assim sendo, pode cair no campo da avaliação subjetiva, ainda que comprovadas como causas visíveis ou indiretas de problemas nos SPHS. Nestes casos é comum citar que o autor do projeto, naquela concepção específica, feriu a boa técnica ou as boas práticas de Engenharia. Aqui também se enquadram erros grosseiros, por vezes encontrados ao se examinar o projeto, como aqueles que contrariam leis físicas, princípios hidráulicos e termodinâmicos, etc.

O exame dos projetos deve resultar no registro de não conformidades ao nível de patologias potenciais, erros de dimensionamento e falhas de concepção associadas a anomalias nos SPHS. A sua evolução para patologias latentes e manifestas pode ser avaliada na subsequente etapa de inspeção predial no método hierarquizado.

### **c) Inspeção nos SPHS para levantamento de patologias e não conformidades**

Além da coleta de notificações de sintomas atribuídos a patologias, da realização de visitas seletivas em unidades privativas para a constatação de patologias com sintomas de maior gravidade, da realização de eventuais ensaios, testes e simulações, e feito o exame nos projetos, esta fase inicial de identificação dos problemas no método hierarquizado ainda envolve a realização de exames nos SPHS do edifício.

A inspeção predial, no sentido sugerido por Gomide e Fagundes Neto (2008), conforme 3.1, consta de vistoria não destrutiva a todas as partes acessíveis e visíveis dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários do edifício.

Este exame tem por finalidades a constatação dos sintomas reportados nos questionários padronizados e específicos, a avaliação de possível evolução (agravamento) de não conformidades registradas na análise dos projetos e o levantamento de novas patologias e não conformidades até aqui inéditas. Em especial, entre estas estão as que requerem conhecimentos técnicos especializados para serem identificadas.

Esta atividade é feita geralmente por inspeção visual nas áreas comuns da edificação. Deve-se contar com o auxílio de uma lista de verificação (*check list*) previamente elaborada a partir de uma lista maior, espécie de banco de dados de tópicos a verificar. O Apêndice E traz um esboço de banco de dados de anomalias e não conformidades para montagem de listas de verificação particularizadas.

A edificação com SPHS a vistoriar, conforme o porte, finalidade e complexidade, pode requerer várias inspeções. Neste aspecto, a prática tem mostrado que inspeções com mais de três horas de duração deixam de ser produtivas. Além deste período, o investigador, por esgotamento, acaba não mais se apercebendo de detalhes importantes, reveladores de patologias e não conformidades. Durante as inspeções, deve-se ter o cuidado de obter registros fotográficos de todas as situações irregulares encontradas.

Apesar do caráter predominantemente não invasivo do trabalho de vistoria proposto, alguns casos de real necessidade requerem inevitáveis aberturas exploratórias para acesso às tubulações, por exemplo, em forros falsos de gesso.

A grande dificuldade e maior fator limitante nas inspeções reside, portanto, na inacessibilidade à maior parte das tubulações dos subsistemas existentes no edifício. Em sua maior extensão elas se encontram embutidas em alvenarias, no interior de forros falsos, dentro de dutos verticais (*shafts*) sem acesso (Figura 5.12), dentro de contrapisos de lajes e dentro de rebaixos de lajes em prédios antigos (Figura A.6).



Figura 5.12 – Exemplos de dificuldades de acesso para inspeção: tubulações embutidas (esq.), dentro de forro falso (centro) e dentro de *shaft* de alvenaria sem acesso (dir.)

Contudo, são alvos frequentes das inspeções às partes acessíveis dos SPS em edifícios verticalizados os seguintes locais e componentes:

- aberturas de acesso, superfícies externas visíveis e interior dos reservatórios;
- barrilete superior de distribuição de água fria;
- barrilete inferior de distribuição de água fria se houver central redutora de pressão;
- barriletes de distribuição de água quente, onde houve geração centralizada;
- casa de máquinas de elevadores;
- casa técnica de aquecimento central, se houver;
- lajes de cobertura do edifício;
- áticos sob telhados;
- halls de acesso aos apartamentos;
- ambientes sanitários das áreas comuns do edifício;
- fachadas;
- pátios externos circundantes à torre;
- central de gás (onde houver abastecimento com gás liquefeito de petróleo);
- casa de bombas de recalque;
- centrais redutoras de pressão;
- casa de máquinas de piscinas;
- caixas de inspeção de esgoto e caixas retentoras de gordura;
- caixas de inspeção de águas pluviais;
- poços de drenagem, etc.

Nesta oportunidade, as tubulações e seus componentes, equipamentos e aparelhos sanitários existentes são confrontados com as contrapartidas previstas nos respectivos projetos executivos. A finalidade está em se levantar eventuais divergências de traçado, de dimensões/capacidades, de materiais empregados, etc., uma vez que podem estar relacionadas a patologias nos SPHS. Todas as anomalias constatadas devem ter os devidos registros fotográficos, que mais adiante favorecerão o diagnóstico e comporão os resultados da investigação patológica, na forma de um laudo técnico.

Resultam desta atividade, portanto, os registros de patologias manifestas e latentes, não conformidades construtivas e falhas de manutenção.

#### **d) Identificação de patologias e não conformidades**

Esta primeira fase da aplicação do método hierarquizado resulta, de um lado, numa clara configuração e descrição dos sintomas de problemas reportados nos questionários ou verificados no edifício em visitas técnicas seletivas, nos testes e simulações e os obtidos nas inspeções efetuadas em seus SPHS. De outro, resulta uma relação de não conformidades de diferentes ordens, fruto do exame detalhado do projeto.

Em síntese, os problemas identificáveis podem ser das seguintes categorias:

- patologias manifestas (existentes, perceptíveis através de sintomas);
- patologias latentes ou em curso (existentes, com sintomas não perceptíveis);
- patologias potenciais (riscos de ocorrência futura);
- não conformidades normativas, regulatórias e legais;
- não conformidades com as boas práticas de Engenharia (contrariam a boa técnica);
- dificuldades no uso, operação e manutenção.

Todas estas anomalias são então relacionadas numa listagem, uma espécie de memorando. Ele que inclui uma breve descrição dos problemas e os correlacionam com fotos tiradas na vistoria inicial ou nas inspeções prediais, com os artigos de normas técnicas desatendidos, etc. Esta relação facilitará a subsequente elaboração do laudo e a proposição de ações preventivas e corretivas dos problemas listados. O Apêndice F exemplifica uma listagem como a mencionada.

Por questão de organização e sequenciamento, o lançamento das anomalias na planilha deve seguir algum critério lógico, sendo o topológico por subsistema o mais recomendado. Neste caso, lista-se todos os problemas levantados no sentido descendente do edifício, começando por aqueles eventualmente verificados, por exemplo, na laje de cobertura do reservatório superior e terminando nos relacionados às valas de drenagem subterrânea e respectivo poço de drenagem, quando existirem. Entretanto, este ordenamento é apenas convencional e não imperativo, podendo ser alterado conforme as circunstâncias.

## **5.6 Diagnóstico das patologias: identificação das causas dos problemas**

De posse da relação das patologias manifestas, fruto das inspeções, testes e simulações realizados no edifício, por um lado, e da relação de não conformidades resultantes do exame do projeto dos SPHS, por outro, elas são então cruzadas entre si na tentativa de se estabelecer uma relação de causa e efeito.

Certamente vários dos sintomas de patologias levantadas se referem à posterior manifestação de não conformidades detectadas no exame do projeto. São patologias potenciais que ocorreram, se agravaram para patologias latentes e evoluíram até a condição de patologias manifestas em fase posterior no edifício.

Os especialistas do CIB (1993) ponderam que o modo de se chegar à causa de uma patologia depende muito da sua natureza. Em geral, o processo de determinação das possíveis causas segue alguma estratégia, como a proposição de hipóteses plausíveis, que a seguir devem ser rejeitadas ou confirmadas com base em fatos. Esta organização propõe algumas ferramentas para auxiliar no diagnóstico de patologias construtivas em geral. Entre elas são prescritos o quadro ou matriz de diagnóstico, análise de árvore de falhas (muito empregada em processos industriais e em análise de confiabilidade de estruturas), análise de árvore de diagnósticos e também os chamados sistemas especialistas. Estes últimos se valem da lógica nebulosa (*fuzzy logic*) para simular comportamentos incertos dos usuários. Entretanto, tais recursos não serão aqui aprofundados, pois, ou se valem de parâmetros geralmente indisponíveis relacionados aos SPHS, ou contemplam a extração de amostras, ensaios de laboratório, etc., atividades de execução muitas vezes inviáveis, conforme comentários feitos em 5.5.3 a).

A determinação da causa de uma patologia manifesta unicamente através de sintomas característicos, por vezes, é trivial já na vistoria inicial ou na interpretação das respostas de um dado questionário padronizado. Entretanto, esta facilitação depende fundamentalmente do conhecimento técnico do investigador sobre o problema considerado e sobre as respectivas variáveis, tais como características dos materiais e componentes das tubulações, características sistêmicas e funcionais em apreço, etc. Depende ainda da experiência prévia do investigador em ter enfrentado problema anterior de natureza igual ou assemelhada. Caso a experiência prévia ou o conhecimento do investigador acerca do problema não seja suficiente para a formulação do diagnóstico, Lichtenstein (1985) indica uma pesquisa bibliográfica, científica ou tecnológica até a fronteira do conhecimento no assunto. Em situações de difícil diagnóstico, é frequente a realização de consultas a outros investigadores experientes para auxiliarem a elucidar a causa do problema.

O estabelecimento do diagnóstico passa pela atividade da análise das características do problema, conforme síntese lançada em registro adequado. Um exemplo é a ficha do Apêndice F para o exame do projeto e análise das fotos a ele relacionadas.

Uma verificação da Tabela 5.1 em relação às causas das patologias e não conformidades frequentes mais relevantes encontradas nos SPHS dos 25 edifícios que lhe serviram de base, objetos dos estudos de caso, aponta o projeto como a principal fonte de anomalias. As falhas sistemáticas mais expressivas seguem-se, não necessariamente ordenadas:

- falhas de concepção sistêmica;
- erros de dimensionamento;
- inobservância a normas técnicas, regulamentos e leis vigentes;
- falha de comunicação (ruído) com outros projetistas;
- inexistência ou insuficiência de compatibilização com outros projetos;
- inexistência ou insuficiência de detalhes construtivos nos desenhos;
- inexistência, insuficiência ou incorreções de especificação de materiais e serviços.

Por outro lado, patologias e não conformidades ligadas à execução dos SPHS, segunda origem dos problemas listados na Tabela 5.1, seguem-se:

- execução em desacordo com o projeto;
- má utilização de componentes e práticas de execução condenáveis;
- falta de domínio do sistema construtivo adotado.

A este respeito, os técnicos do CIB (1993) sintetizam que, no esteio dessas causas, as origens reais das patologias estão na falta de conhecimento, na falta de saber fazer (*know-how*), na falta de informação e de comunicação.

Na determinação das causas das patologias, deve-se levar em conta que a sua manifestação não coincide necessariamente com a época de sua gênese no edifício. Além disso, deve-se ter em mente a que se destinam os resultados, ou seja, a finalidade do processo investigativo: se voltado para orientar a manutenção adequada dos SPHS, se destinado a finalidade compensatória em ação judicial ou securitária, se focado em recebimento de obra, etc. Deste modo, há três diferentes tipos de descrições que podem ser feitas das causas em relação ao aprofundamento da pesquisa, segundo o CIB (1993):

- descrição voltada para a técnica: “**o que**” causou a anomalia?
- descrição orientada para a responsabilidade: “**quem**” causou a anomalia?
- descrição voltada para o sistema: “**como**” a anomalia se originou?

O primeiro tipo está geralmente associado a um trabalho de investigação que deve resultar em orientações e recomendações voltadas para o **conhecimento dos problemas** com vistas à correta manutenção e reabilitação dos SPHS. Tais situações são típicas de edifícios antigos em que os SPHS ou parte deles já estão em final de vida útil, com certo grau de obsolescência. Neste caso, a investigação deve resultar num laudo orientativo das ações corretivas imediatas e posteriores, indicando-as numa ordem de prioridades. Este relatório será, portanto, destinado à leitura por leigos (síndicos, zeladores, administradores de condomínios, empresas de manutenção predial, etc.), exigindo cuidado na adequação da redação. Portanto, deve-se nele evitar o emprego de termos técnicos, requerendo sua minuciosa tradução em terminologia simples e conceitos por eles compreensíveis.

O segundo tipo é consequente de investigações que resultam em ações compensatórias dos danos ou prejuízos decorrentes das anomalias ou dos riscos incorridos.

O laudo pode se destinar a empresas seguradoras ou ser peça preliminar ao ingresso de ações judiciais para a correção das patologias constatadas ou ressarcimento das despesas decorrentes por via judicial, por exemplo. Nestes casos, a responsabilização ou a **caracterização da culpabilidade** pelas anomalias e não conformidades é a tônica que deve nortear a redação do correspondente laudo. Isto porque ele será lido por público mais categorizado, porém não necessariamente técnico, como é o caso de juízes de direito, advogados, promotores de justiça, agentes de seguros, etc.

Finalmente, o terceiro tipo resulta de investigações cuja finalidade está mais voltada para a descoberta do **processo, mecanismo ou agente causador** das patologias investigadas. Este é o caso da investigação patológica ter sido encomendada para efeito de recebimento de obra, com a pretensão do levantamento de não conformidades, para o sistema de qualidade do empreendedor, preocupado em conhecer inadequações de procedimentos que resultam em patologias nos SPHS. Neste caso específico, o enfoque do laudo deve ser a descrição orientada a sistemas relativamente às causa de patologias. Assim sendo, estas devem ser descritas em termos de falhas sistêmicas, de modo a serem úteis como dados de entrada no sistema de qualidade da empresa.

### **5.7 Definição da conduta: prognóstico das patologias**

Conhecidas as causas comprovadas ou prováveis das patologias manifestas e das não conformidades, o próximo estágio do método hierarquizado está na avaliação da progressão dos sintomas, ou seja, da evolução da própria manifestação das patologias levantadas.

Campante (2001) entende prognóstico como uma antecipação teórica do desenrolar e da finalização de uma manifestação patológica com a finalidade de avaliar o tratamento prescrito. Isto porque, para haver prognóstico favorável, é antes necessária a aplicação de uma terapia adequada.

Um prognóstico é emitido com base no conhecimento do tipo de problema, no seu estágio de desenvolvimento, nas condições de exposição, nos agentes de degradação, na evolução natural do problema quando for o caso, nas condições de uso dos SPHS, entre outros fatores.

Este conjunto evidentemente requer do investigador uma ampla visão do problema, aliada a uma grande experiência, para que ele se veja apto a antecipar a evolução da patologia com reduzida margem de erro.

Campante (2001) considera que, para enunciar um prognóstico adequado, o investigador, mais do que experiência, deve possuir vivência no tipo de problema em estudo e assim poder prever, em bases racionais, como ele irá evoluir.

Conforme será visto em 5.8, há situações que não admitem intervenções corretivas, mitigadoras ou mesmo paliativas. Nestes casos o prognóstico é de fundamental importância e deve remeter ao controle possível da manifestação patológica, com o intento de administrar, ou preferencialmente estacionar, a sua evolução quando possível.

Pela própria natureza, esta fase de aplicação do método hierarquizado pressupõe a definição da conduta ante o problema identificado e diagnosticado. Esta é condicionada por diversos fatores, entre os quais o econômico, o de viabilidade prática, o da melhor oportunidade de intervenção, etc. Neste contexto, uma das condutas possíveis está na própria decisão de não intervir, ou de não fazê-lo ao menos no momento presente. Portanto, ações interventivas, por vezes tidas como impraticáveis ou inviáveis, podem sê-lo por motivos econômicos circunstanciais.

Um prognóstico também pode ser emitido para se determinar a efetividade da terapia.

Campante (2001) lembra que o prognóstico sobre uma dada patologia pode ser influenciado pelos procedimentos de manutenção que serão dedicados ao sistema defectivo. Isto porque ações de manutenção realizadas logo depois de um sistema apresentar desempenho insatisfatório podem prolongar a sua vida útil, conforme 2.6. Tal condição se justifica em vista da forma como o sistema afetado pela patologia será mantido ou conservado depois da reabilitação.

Nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários a emissão de prognósticos é facilitada pelo fato de grande parte das patologias encontradas serem potenciais e latentes. No primeiro caso é relativamente fácil antever as consequências dos riscos potenciais implícitos, apesar da dificuldade, em geral, em se estimar a probabilidade de sua eclosão futura na forma de uma patologia manifesta. No segundo caso, uma patologia já está em curso, porém latente quanto aos sintomas característicos. É igualmente fácil descrevê-los quanto à futura manifestação.

Nesta situação, é mais difícil estipular um prazo ou período para o aparecimento dos sintomas, dada a diversidade de fatores contribuintes para tanto, cujos parâmetros nem sempre são dominados.

Este é o caso de um par galvânico constatado durante uma inspeção, por exemplo, a uma central redutora de pressão de um edifício com apenas dois anos de uso, como a mostrada na Figura 5.13.



Figura 5.13 – Exemplo de dificuldade na estimativa da ocorrência da manifestação patológica na fase de prognóstico: constatação de par galvânico sem indício aparente de corrosão nas conexões de ferro galvanizado

Nota-se nas fotos da Figura 5.13 o contato físico direto entre tês, niples e uniões de ferro fundido maleável galvanizado com válvulas redutoras de pressão com corpo de bronze e com registros de gaveta de latão, ambas contendo cobre na composição. Com água como eletrólito, porém em circulação interna, tal configuração enseja a ocorrência de reação eletroquímica de óxido-redução entre o ferro e o cobre pela acentuada diferença de potencial de eletrodo entre eles. No entanto, não há ainda qualquer indício aparente de corrosão a partir das roscas, desprovidas de camada protetora de zinco. Neste caso, na fase do prognóstico, é difícil precisar o tempo que tal configuração prejudicial levará até o aparecimento de sintoma de corrosão (oxidação) do ferro. Esta dificuldade decorre de não se ter real dimensão do grau de evolução do problema e da intensidade e velocidade das reações eletrolíticas em curso, dadas as limitações, já comentadas, acerca da inspeção não invasiva e da dificuldade com instrumentação.

Em síntese, a etapa de prognóstico resulta na antecipação da evolução dos sintomas de uma dada patologia e suas consequências para os SPHS do edifício e para os seus usuários, na definição da conduta para a superação ou eliminação do problema, e na avaliação da terapêutica a ser prescrita.

## 5.8 Terapêutica e profilaxia: tipologia das ações corretivas e preventivas

Evidentemente, há uma ou mais prescrições terapêuticas corretivas ou preventivas para cada patologia e para cada não conformidade levantada no edifício com o emprego do método hierarquizado. Uma análise das medidas corretivas e preventivas sugeridas nos laudos técnicos dos 25 edifícios elencados na Tabela 4.1 resultou nas seguintes categorias de intervenções nos SPS:

### a) medidas urgentes

São aquelas cujas patologias envolvem elevado risco à integridade dos moradores. São situações típicas o risco de contaminação da água potável por agentes patogênicos de veiculação hídrica, risco de intoxicação por monóxido de carbono decorrente de combustão incompleta em equipamentos a gás, ou outros que atentam contra a saúde ou a segurança dos ocupantes do edifício. Um exemplo desta categoria de medida é a existência de aquecedor de água a gás central privado desprovido de chaminé ou instalado em ambiente que permite fechamento quase hermético das portas e janelas, e sem aberturas de ventilação permanente (Figuras 5.14 e 5.15)



Figura 5.14 – Exemplo de medida urgente: recomendação de imediata desativação de aquecedor a gás desprovido de chaminé, instalado em local sem aberturas de ventilação permanente.

Na aplicação do método hierarquizado deve-se ser enfático quanto aos sérios riscos incorridos pelos ocupantes e quanto à urgência na tomada das medidas corretivas. Deve-se recomendar a imediata intervenção no sentido de coibir a continuidade da condição de vulnerabilidade ao risco.



Figura 5.15 – Exemplo de medida urgente: recomendação de imediata desativação de aquecedor a gás desprovido de chaminé, instalado dentro de ambiente sem aberturas de ventilação permanente

Considerando as situações apresentadas na Figura 5.15, em que é elevado o risco de ocorrer a já comentada “morte branca” (explicada em 5.5.1), deve-se recomendar a imediata desativação do aquecedor e fechamento do registro de gás no respectivo ponto de utilização. Outras situações consideradas merecedoras de medidas urgentes envolvem o risco de contaminação da água potável presente nos sistemas prediais de água fria e quente, como a mostrada na Figura 5.16.



Figura 5.16 - Exemplo de medida urgente: recomendação de construção de soleira elevada na porta de acesso à laje de tampa de reservatório de água potável e construção de golas nas aberturas de inspeção

Esta figura mostra fotos da laje de cobertura de reservatório superior de água potável com aberturas de acesso dotadas de tampas apenas justapostas, desprovidas de rebordos (“golas” ou “colarinhos”) periféricos. Note-se o desnível existente entre a laje de tampa do reservatório e o piso externo, que permite a entrada de água pluvial incidente.

Sempre que ocorre uma chuva mais intensa, parte da água que penetra o recinto de acesso ao reservatório elevado trazendo resíduos superficiais externos acaba por infiltrar-se nas frestas das tampas de acesso. Esta água de origem pluvial pode contaminar a água potável armazenada e causar doenças.

#### **b) medidas de curto prazo**

São aquelas cujas patologias ou não conformidades resultam em riscos eventuais ou condicionais aos moradores, em sérios riscos econômicos, em riscos ao seu patrimônio individual ou do condomínio, ou ainda em permanente desconforto aos usuários durante a operação ou uso. Não são tão urgentes quanto as medidas anteriores, mas devem ser tomadas no menor prazo possível, em razão das suas consequências.

Este é o caso, já mostrado anteriormente, de tubulação de distribuição conduzindo gás GLP em média pressão (até 150 kPa) em parte embutida dentro de forro falso e desprovida de duto-luva ou de tubo-luva (Figura 5.17). Cabe comentar que esta medida de curto prazo, em razão do risco envolvido, seria considerada urgente se já apresentasse vazamento de gás nesse local.



Figura 5.17 – Exemplo de medida de curto prazo: adequação de tubulação de gás correndo dentro de forro falso desprovido de tubo-luva ventilado nas extremidades

### c) medidas de médio prazo

São aquelas cujas patologias causam desconforto eventual no uso, ou durante a manutenção periódica, bem como as que implicaram em redução de vida útil de componente ou equipamento, decorrente de exposição e/ou operação inadequada. Esta categoria de intervenção fica logo abaixo das medidas de curto prazo porque os riscos implícitos são menores e/ou porque as consequências são de menor vulto.

As intervenções, neste caso, podem ser tomadas em prazo mais dilatado do que o de medidas de curto prazo, devido ao maior período previsto para o agravamento dos sintomas. Este é o caso de corrosão galvânica em início de manifestação, apresentando escorrimento ou gotejamento (Figura 5.18).

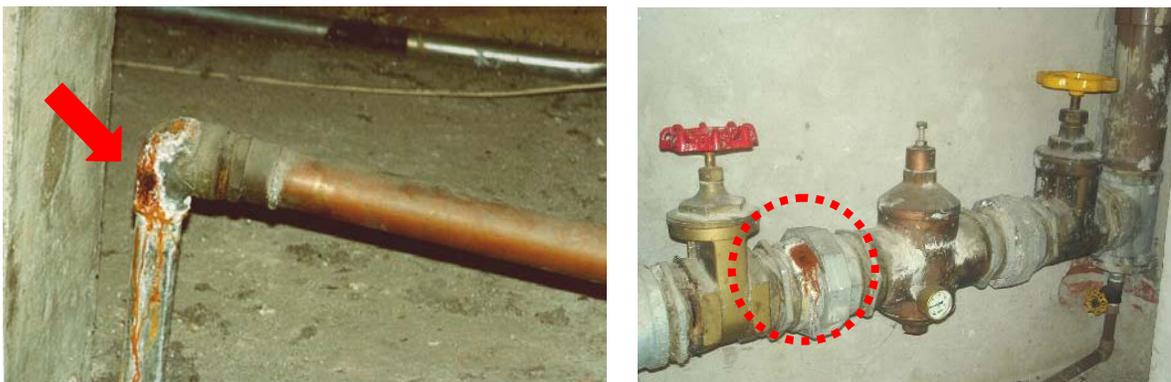


Figura 5.18 – Exemplo de medidas de médio prazo: eliminação de corrosão em conexões de ferro galvanizado induzida pela formação de pares galvânicos

### d) medidas de longo prazo

São aquelas decorrentes de patologias potenciais, ainda não manifestas ou latentes, cuja intensidade foi insuficientemente relevante ou perfeitamente tolerável pelos usuários e moradores. As ações necessárias poderão ser implementadas por ocasião de futuras intervenções determinadas por causas diversas, tais como reformas, ampliações, alterações de layout, *retrofit*, etc. É o caso da eliminação de colo alto (sifão) segregando ar em trecho de ramal de água fria por ocasião de reforma geral no apartamento (Figura 5.19).



Figura 5.19 – Exemplo de medida de longo prazo: correção, por ocasião de reforma, de discreto colo alto (sifão) em tubulação de distribuição de água fria segregando ar e reduzindo a vazão

### e) medidas paliativas

São aquelas decorrentes de patologias potenciais, ainda não manifestas, cuja intensidade é insuficientemente relevante ou perfeitamente tolerável pelos usuários e moradores. Elas apenas postergam o aparecimento ou a intensificação dos sintomas. Este é o caso de proceder à pintura externa da superfície exposta de tubos de PVC marrom já esbranquiçados, protegendo-os contra a incidência direta da radiação ultravioleta proveniente da luz solar, empregando tinta refletiva de alto brilho (Figura 5.20).



Figura 5.20 – Exemplo de medida paliativa: pintar com tinta refletiva de alto brilho trechos esbranquiçados de tubos de PVC marrom expostos à radiação ultravioleta

Também é o caso de medidas que apenas impedem a manifestação dos sintomas da patologia, sem que as suas causas sejam debeladas. Neste caso, o problema continua a ocorrer, apenas não se manifesta ou incomoda os usuários dos SPHS. Um exemplo desta medida paliativa está na substituição da grelha convencional de ralo sifonado de área de

serviço sujeito ao fenômeno de refluxo de esgoto, devido à sobrepressão, por grelha retrátil com possibilidade de completo fechamento dos respectivos orifícios ou a substituição do ralo sifonado convencional por um ralo sifonado antiespuma (Figura 5.21).



Figura 5.21 – Exemplos de medidas paliativas: adoção de grelha retrátil em caixa sifonada sujeita a refluxo de esgoto por ação de sobrepressão (esq. e centro) ou substituição por dispositivo antiespuma (dir.)

#### **f) medidas mitigadoras**

São aquelas que podem levar a uma melhoria sensível nos sintomas sem, entretanto, solucionar por completo o problema. São tomadas geralmente por razões técnicas, quando a reabilitação não é factível, ou por razões econômicas, quando o custo de reabilitação é excessivo.

#### **g) simples registro de não conformidades de origem**

Este é o caso de apenas deixar consignado no laudo técnico o registro de não conformidades sistêmicas ou normativas constatadas, cujas conseqüências patológicas são de baixo risco de ocorrência. Isto levando em conta as diversas peculiaridades da edificação alvo de inspeção predial (pequeno número de andares, não configuração de um período bem determinado de pico de consumo ou pico de contribuição, população permanente muito reduzida, etc.).

Um exemplo é a inversão dos pontos de água fria e quente para engates flexíveis de aquecedores de passagem a gás. Este fato frequentemente decorre de erro no projeto ao se espelhar detalhe construtivo correspondente para edifícios com apartamentos rebatidos (Figura 5.22 esq.) sem corrigir a inversão dos pontos. Outro exemplo é a instalação com alinhamento na horizontal ou na vertical de pontos de entrada de água fria, entrada de gás e saída de água quente (Figura 5.22 centro e dir.; Figura 5.23 esq.).



Figura 5.22 – Exemplos de simples registro da não conformidade de origem: inversão dos pontos de água fria e quente na ligação de aquecedor instantâneo (esq.) e instalação de pontos alinhados (centro e dir.)

São exemplos de não conformidades com o padrão triangular de pontos padronizado pela NBR 8130:2004 (ABNT, 2004) ilustrado na Figura 6.23, em que o ponto central de gás está deslocado para baixo (vértice inferior) em 120 mm em relação à cota dos outros dois pontos alinhados. Neste padrão, o ponto de água quente fica sempre no vértice superior esquerdo de quem olha de frente a parede de apoio do aquecedor, e a água fria corresponde ao vértice direito (Figura 5.23 centro e dir.).



Figura 5.23 – Exemplos de simples registro da não conformidade de origem: alinhamento dos pontos de água fria e quente na ligação de aquecedor instantâneo (esq.) em desacordo com o padrão da ABNT (este mostrado na foto de centro e na figura à direita)

Neste caso, a não conformidade é evidente, porém representa baixo risco de ocasionar problemas, uma vez que a instalação geralmente feita por um técnico autorizado. Numa situação de manutenção do equipamento, constatando o não atendimento do padrão da ABNT, o técnico treinado cuidará em verificar a qual sistema se refere cada um dos pontos alinhados ou invertidos.

#### h) simples registro de não conformidades de difícil solução

Este é o caso de apenas deixar consignado no laudo técnico o registro de patologias e não conformidades sistêmicas ou normativas constatadas de difícil ou de tal ordem vultosa que se torna de execução impraticável, à guisa de uma doença crônica praticamente incurável do edifício considerado. Tem-se como exemplo um edifício que sofre de periódicos entupimentos em regiões de seus subcoletores e coletores prediais causados por depósitos gordurosos provenientes do esgotamento de pias de cozinha e de máquinas de lavar louça, por se encontrar desprovido de tubos de queda exclusivos para escoar despejos gordurosos. Outro exemplo frequente é a existência de abrigos de medidores de gás alojados em halls de pavimentos elevados em edifícios verticalizados, desprovidos de ventilação adequada (Figura 5.24).

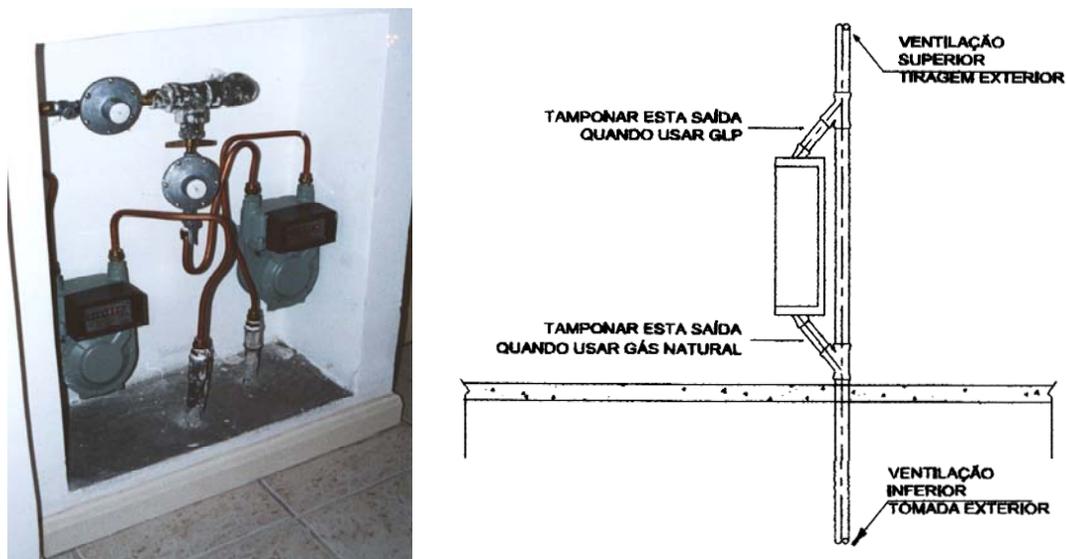


Figura 5.24 – Exemplos de simples registro de não conformidade de difícil solução: abrigo de medidores de gás em hall de serviço (esq.) desprovido de abertura externa ou duto de ventilação permanente (dir.)

A ventilação permanente de abrigo de medidores de gás situados nos andares elevados do edifício é exigida pela NBR 13103:2006 (ABNT, 2006) como medida de segurança contra eventual escape de gás. Neste caso, uma abertura adequada de ventilação permite que o gás escape e se dilua no ar, resultando proporção de mistura ar-gás inferior à faixa crítica em termos de risco de explosão (a faixa de flamabilidade do gás). Quando os abrigos de medidores de gás nessas condições não podem ser dotados de grelhas ou venezianas abrindo diretamente para a fachada do edifício, com certas restrições a referida norma permite que elas fiquem fora do abrigo, conquanto

convenientemente dutadas até ele. Se mesmo assim esta alternativa não for viável, a norma exige a existência de um tubo ou duto de ventilação coletiva, em verdade uma prumada seca percorrendo todos os andares do edifício (Figura 5.24 dir.), ventilado nas extremidades (base e topo) para fora da edificação.

Um exemplo de simples registro de não conformidade sem solução viável ocorre quando os abrigos não têm ventilação permanente para o exterior e nem meios de receber a instalação de um tubo ou duto de ventilação. Neste caso, caberá ao investigador propor no laudo alguma medida mitigadora, como a ventilação forçada dentro do hall em que se insere o abrigo de medidores (pressurização do hall), colocação de placa de advertência aos moradores na porta de cada abrigo com instruções das medidas de emergência a tomar em caso de exalação de forte cheiro de gás daí proveniente, etc.

Na aplicação do método hierarquizado, em se tratando de uma patologia manifesta, deve-se sempre referir a ações corretivas ou simplesmente terapia ou reabilitação. Já ao se tratar de uma não conformidade, deve-se reportar a medidas preventivas ou profilaxia, no sentido das ações tomadas visando impedir que mais tarde se manifestem patologias latentes e potenciais. Neste segundo caso também se enquadram as ações preventivas contra o aparecimento de patologias decorrentes de falhas (inexistência, insuficiência, etc.) de manutenção. Pode-se considerar que manutenções regulares nos SPS, particularmente as preventivas, constituem uma forma eficiente de profilaxia, visando conferir maior vida útil a estes sistemas do edifício. Aí reside a importância de se dispor de um eficiente e bem elaborado plano de manutenção para os SPS do edifício (ABNT, 1999a), redigido e detalhado nos termos da NBR 14037 (ABNT, 1998b), compondo um capítulo específico do manual de operação, uso e manutenção do edifício.

Resulta, portanto, da fase de definição de conduta no método hierarquizado uma relação de intervenções corretivas de patologias manifestas a empreender no edifício, bem como de medidas preventivas ao aparecimento de novas patologias manifestas.

## **5.9 Priorização das intervenções corretivas e medidas preventivas**

De posse da relação das ações reabilitatórias e profiláticas, resultantes da aplicação do método hierarquizado até este estágio, encerra a fase de definição de conduta a

hierarquização dessas intervenções no edifício, como uma forma de planejamento estratégico das medidas de combate às patologias nos SPHS.

Elas se caracterizam por certa diversidade de níveis de riscos à vida ou à saúde, de probabilidade de ocorrência, de prejuízos econômicos em caso de ocorrência, de desconforto, de dificuldade na manutenção e/ou operação desses sistemas, etc. Por outro lado, cada uma dessas ações está relacionada a um custo de implementação correspondente.

Disto decorre a necessidade da subsequente priorização das medidas corretivas e preventivas segundo algum método. Esse método deve considerar os diferentes critérios simultâneos envolvidos, como os riscos envolvidos, custos de execução e ainda os transtornos a serem causados aos ocupantes da edificação, além de eventuais precedências durante sua aplicação, ou seja, uma dada ação só pode ser tomada depois de executada certa intervenção.

Portanto, a priorização das ações deve atender a diferentes critérios simultaneamente, considerando diferentes objetivos. Além disto, deve atender a diferentes interesses, julgamentos ou pontos de vista em relação à importância, gravidade, urgência, etc, de cada medida a implementar no edifício.

Para tanto, a aplicação de métodos sumários ou menos elaborados, como o mencionado Método GUT - gravidade, urgência e tendência (KEPNER e TREGOE, 1991) não é suficiente. Para esta finalidade, dentro da Programação Matemática, os modelos de auxílio à tomada de decisão (SAD), com emprego da chamada análise multicriterial, encontram uma interessante aplicação, valendo-se de métodos hierárquicos. Estes são de desenvolvimento relativamente recente e muito diversificados, pois atendem a diferentes objetivos, condicionantes e pressupostos. Na maioria das vezes, mais de um método é aplicável à mesma necessidade de hierarquização, podendo resultar, como é frequente, em diferenças na ordem de prioridades resultantes.

Os Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) e a Análise Multicritério são discutidos no Apêndice G. Lê é justificada a indicação do método ELECTRE III (ROY, 1991; VINCKE, 1992) para a priorização das medidas corretivas e preventivas resultantes do método hierarquizado proposto, cujas diretrizes estão sendo apresentadas. Outros métodos ainda se ajustam, como o Processo Analítico Hierárquico - AHP (*Analytic Hierarchic Process*) (ZELENY, 1982) e o Método PROMETHEE (VINCKE, 1992). Conforme anteriormente justificado, não houve possibilidade de avaliar os resultados práticos da aplicação dos métodos hierárquicos nos estudos de caso empreendidos.

Por esta razão, este trabalho se limita a propor diretrizes neste sentido. Estas, conseqüentemente, ficam restritas à futura formulação de um método hierarquizado, uma vez que a sua apresentação acabada e fundamentada pressupõe integral e comprovada validação, a ser feita em futuro trabalho, como em continuidade e aprofundamento do presente.

O fato é que há conveniência e necessidade das medidas corretivas e preventivas resultantes da aplicação do método hierarquizado serem classificadas segundo uma ordem de prioridades que atenda a múltiplos critérios e a diferentes decisões tomadas por diferentes intervenientes. O aprofundamento desta vertente numa futura proposição de método hierarquizado para investigação e solução de patologias nos SPHS certamente trará grandes benefícios ao processo e representará um ganho de qualidade na sua aplicação prática, uma vez que não está prevista em nenhum outro método genérico existente.

#### **5.10 Retroalimentação visando a prevenção de patologias nos SPHS**

Dadas as considerações anteriores relativas às causas das patologias em SPHS, uma atuação preventiva é particularmente útil na fase de projeto. Nela, quando grande parte de posteriores anomalias no edifício poderão ser evitadas sob a suposição do aproveitamento da experiência acumulada. Para tanto, é fundamental a retroalimentação dos resultados de levantamentos patológicos dos SPHS para os diversos intervenientes do processo construtivo, conforme sugerido na figura 5.25, onde há destaque, adiante justificado, para o projeto.

Retroalimentar, neste caso, pressupõe coletar, registrar e avaliar dados, proceder uma análise custo-benefício e fornecer a informação, segundo o CIB (1993). Para esta organização, há carência generalizada por retroalimentação sistemática de experiências e conhecimento na área da construção civil, ao menos nos países representados por membros na Comissão W063 (*Building Pathology Working Commission*).

É sabido que a maior parte das anomalias decorrem de erros humanos associados a um ou mais dos intervenientes indicados na Figura 5.25. Patologias construtivas representam ônus para o edifício e podem ser avaliadas em termos de custo de reabilitação ou de investimento para a prevenção.

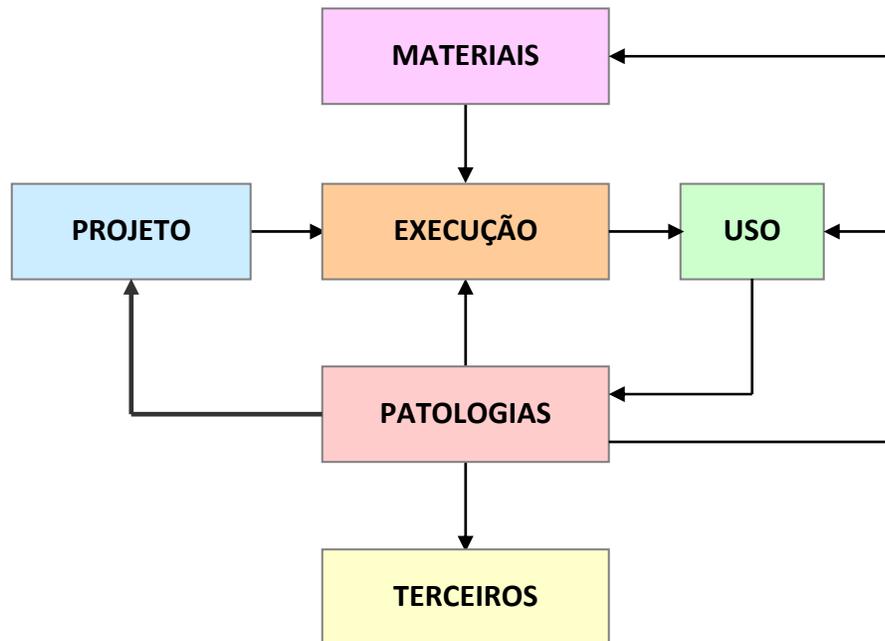


Figura 5.25 – Retroalimentação com ênfase para o projeto na prevenção da ocorrência de patologias em SPHS  
(Fonte: Adaptado de ILHA, 2009)

Como reside no projeto a origem mais frequente das patologias construtivas, Josephson e Larsson (2001) enfatizam a importância de se aprender com os próprios erros que se repetem de forma sistemática em projetos de SPHS de edifícios. Para eles, a melhor estratégia para reduzir custos está na detecção prematura de erros ao longo do processo do projeto, que mais tarde se materializarão como patologias no ambiente construído. Os pesquisadores citados apontam um estudo indicando que quase 70% de todos os erros humanos cometidos nos projetos podem ser detectados antes do que costumam ser de fato. Além disso, o estudo aponta que mais de 35% destes defeitos poderiam ter sido muito facilmente detectados mais cedo. Deste modo, a retroalimentação com resultados de investigações patológicas em SPHS deve ser incorporada ao processo do projeto, particularmente com informações relativas a anomalias originadas pelos erros recorrentes de projeto. Isto leva à melhoria da qualidade do projeto por meio da avaliação das patologias.

Além disto, outro recurso mais recentemente recomendado para a melhoria da qualidade do projeto, visando prevenir patologias, está na prévia verificação sistemática dos seus elementos em relação a não conformidades, por meio de auditoria externa

especializada, com emissão de certificação reconhecida. Este procedimento ficou conhecido como certificação de projetos, conforme relata Afonso (2009).

Existem disponíveis diferentes ferramentas que podem facilitar a retroalimentação visando melhorias no processo de projeto, mas o seu estudo específico, apesar de relevante, foge ao escopo deste trabalho. Contudo, os resultados da investigação patológica devem oferecer informação às partes diretamente envolvidas em determinada anomalia ou falha e ainda informar outras áreas relacionadas, indicadas como terceiros na Figura 5.25, a saber, áreas ligadas a seguros, garantia da qualidade, normalização, responsabilidade jurídica, etc. De alguma forma, também devem ficar disponíveis para a comunidade da construção civil em geral (CIB, 1993). Nestes casos, como podem ser bem diversos os receptores da informação, esta pode variar quanto ao interesse específico, mas compreende principalmente incidência e frequência de anomalias e falhas, causas comprovadas, características do processo de degradação, prejuízos ou custos relacionados e terapêutica ou profilaxia adotada.

Portanto, além de sanar problemas manifestos e prevenir contra o aparecimento de sintomas de problemas potenciais do edifício, a investigação patológica deve ser proativamente pautada pela ação cautelar em relação a problemas idênticos ou assemelhados, evitando que se repitam em novos empreendimentos a projetar e construir. Isto pode ser feito mediante registro e disseminação do conhecimento acumulado.

Segundo Ilha (2009), entre os diversos meios para que os resultados de investigações patológicas em sistemas prediais hidráulicos e sanitários revertam erros sistemáticos associados ao processo de produção do projeto estão a inserção de artigos específicos em publicações técnicas, a promoção de palestras temáticas, a oferta de cursos de extensão de curta duração e também de especialização, a apresentação de artigos em seminários técnicos, a incorporação do assunto em livros técnicos, a inclusão do tema em disciplinas de sistemas prediais em cursos de graduação em Engenharia Civil e em Arquitetura e Urbanismo, a exemplo de Henriques (2006).

Neste contexto, entretanto, destaca-se a importância de se incorporar os resultados a normas técnicas correlatas da ABNT, de aplicação compulsória, conforme visto, em contratos em que se estabelece uma relação de consumo entre as partes. Deste modo, certa patologia que se mostre frequente em levantamentos de campo poderá ser evitada

em SPHS de novas edificações se a sua causa for objeto de veto, proibição ou, ao menos, de contra-recomendação num texto normativo correlato e de observação obrigatória.

Este mecanismo de retroalimentação talvez seja o mais eficaz na coibição genérica de patologias decorrentes de projetos de SPHS mal elaborados. Entretanto, sempre compete ao empreendedor a responsabilidade de incorporar em local específico do seu manual da qualidade indicações adequadas para evitar a repetição sistemática, em obras futuras, de patologias já constatadas em edificações de sua lavra que foram objeto de investigação patológica (ILHA, 2009).

Outro recurso de retroalimentação, ainda pouco aproveitado no país, é a formação de um banco de dados. Em meados dos anos 80 do século passado, Lichtenstein (1985) já ressaltava a importância do banco de dados como instrumento de consulta para a prevenção de patologias construtivas, apesar da incipiente informatização à época. Por volta dessa mesma época, Skinner (1983) propunha o registro computadorizado para o registro do histórico de manutenções no edifício.

Na década seguinte o CIB (1993) avaliava prós e contras de um banco de dados com esta mesma finalidade. Por sua vez, Amorim (1997; 1998) se reportava a banco de dados como elemento integrante do sistema de informações para o projeto dos SPHS (AMORIM e CONCEIÇÃO, 2002). Este autor propôs uma subdivisão em seis bancos específicos, um deles designado Informações Pós-Ocupação, destinado também ao registro de patologias, visando a sua confrontação com atitudes não tomadas na etapa de projeto, para impedi-las.

O CIB (1993) pondera que este recurso à informação nem sempre tem sido eficaz devido a limitações de acessibilidade, natureza e espécies de casos registrados. Cita como pontos positivos, entre outros, o registro de dados relevantes, tais como a descrição precisa da patologia, as causas técnicas possíveis ou comprovadas de vícios construtivos específicos, o mecanismo de degradação ou de desencadeamento do problema, métodos de reabilitação e de prevenção, prejuízos financeiros associados e custos com reparos, frequência de ocorrência e o método adotado para a investigação, contribuindo para a redução de incidência dos problemas. Por outro lado, coloca como desvantagens fatores ligados à operação do banco de dados, como o suporte financeiro requerido para sua montagem, manutenção e atualização, a necessidade de supervisão de novos registros por um corpo de especialistas para filtrar dados irrelevantes ou ambíguos, etc. Pondera ainda

que o registro voluntário poderia trazer informações inadequadas ou incipientes e o registro obrigatório poderia gerar falta de objetividade.

A despeito desses óbices, muitos países europeus contam com bancos de dados de patologias construtivas mantidos por entidades públicas e instituições setoriais ligadas à construção civil. Além de banco de dados de acesso público, empresas privadas também podem montar e manter os seus, visando atender objetivos próprios, a exemplo de construtoras, empresas de manutenção predial, profissionais ligados a perícias, etc.

Contudo, o CIB (1993) pôs em dúvida a eficácia do banco de dados como instrumento útil para a prevenção de patologias construtivas recorrentes ao questionar se a informação obtida por meio desse recurso de fato chega até cada indivíduo que a elas deu causa. Neste caso, questiona se eles têm fácil e frequente acesso a informações que os mantenham atualizados. A barreira entre o conhecimento técnico disponível na área de SPHS e a sua aplicação prática nas edificações ainda constitui um obstáculo a ser vencido.

Mesmo assim, Freitas e Sousa (2006) reportam a criação em Portugal de um banco de dados com catálogo de patologias construtivas de livre acesso na rede mundial de computadores (<<http://www.patorreb.com>>). Ele contém fichas elaboradas com base em estudos realizados por diferentes universidades que integram o Grupo de Estudos da Patologia da Construção (FREITAS; SOUSA; ALVES, 2009). Neste sentido, a internet tem se constituído em meio facilitador de acesso e de disseminação de informação técnica, considerando que o registro dos erros e análise das causas que lhes deram origem, e a sua divulgação, são fundamentais para o conhecimento e prevenção das patologias mais frequentes na construção civil (ROMÃO *et al*, 2006).

Por estes argumentos, recomenda-se que o método hierarquizado contemple meios de retroalimentação para a fonte das patologias levantadas, como informação útil para coibir a replicação dos erros em outros projetos, obras, componentes, etc. Também deve contemplar o livre acesso a um banco de dados de patologias construtivas ainda a ser criado no país, a exemplo dos já existentes em países europeus.



## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este texto enfatizou a importância da investigação das causas e origens de patologias nos sistemas prediais hidráulicos e sanitários de edificações existentes, não apenas para a sua reabilitação como ainda para a prevenção de sua ocorrência em novas edificações a construir. Para tanto, com base nas fontes bibliográficas disponíveis, foi feita a contextualização do tema sob a égide da visão sistêmica do ambiente construído e dos conceitos de desempenho e qualidade destes sistemas do edifício. As suas patologias também estão associadas à durabilidade, vida útil e manutenção predial. Isto permitiu a caracterização dos requisitos de desempenho e a definição e tipificação de patologias em SPHS, para o que concorreu uma breve digressão sobre aspectos legais, regulatórios e normativos aplicáveis.

Com base nestes conceitos, este trabalho pode conceituar e classificar as diferentes categorias de patologias e não conformidades desses sistemas do edifício, na intenção de ordenar conceituações e nomenclaturas díspares, ainda sem consenso entre os investigadores de patologias construtivas no país.

Pouco se tem feito a respeito deste assunto e menos ainda publicado. Conforme visto, não se dispõe de um método específico para a finalidade proposta, objetivo principal da presente proposição de diretrizes visando a sua formulação.

Este trabalho apresentou alguns métodos frequentemente empregados para tais investigações, mas que foram desenvolvidos para aplicações mais diversificadas: o método de Lichtenstein, voltado para patologias construtivas em geral, apresentando lacunas e omissões quando aplicado a patologias de SPHS, o método do CIB e o método de Almeida, desenvolvido para avaliar o desempenho em uso de componentes e subsistemas destes sistemas do edifício, cujas ferramentas para o diagnóstico dos problemas são muito úteis. Além de uma análise crítica desses métodos, foi mostrada uma aplicação prática na Engenharia Legal, a título de exemplo, valendo-se do método adotado por Pontes, em realidade uma adaptação pessoal feita a partir do método de Lichtenstein.

Foram apresentados os diversos níveis de abordagem de patologias em SPHS preconizados pela assim chamada Engenharia Diagnóstica, sucedidos pela apresentação

de diretrizes para a formulação de um método para o levantamento, caracterização, identificação e eliminação corretiva ou preventiva dessas patologias. Este método constituiu-se das fases exaustivamente detalhadas de anamnese, sintomatologia, exame, diagnóstico, prognóstico, terapêutica e profilaxia dos problemas mais freqüentes em SPHS, com proposição de meios de retroalimentação dos resultados obtidos e hierarquização das ações interventivas.

Este trabalho também apresentou e caracterizou patologias e não conformidades freqüentes em SPHS, ofereceu subsídios para as respectivas inspeções prediais e análise de projetos técnicos. Foram propostas diretrizes para a formulação de um método para a identificação das patologias a partir da correlação com os respectivos sintomas, bem como processos para a priorização das respectivas medidas corretivas e preventivas.

Constatou-se que muitas das patologias manifestas ou potenciais incidiram de forma repetitiva em diferentes edifícios inspecionados, revelando falhas sistemáticas nas fases de projeto e execução desses sistemas prediais. Nestes casos, foram principalmente decorrentes de falhas de concepção sistêmica, erros de dimensionamento e inobservância de prescrições regulatórias e normativas.

Ao se caracterizar e apontar essas falhas mais freqüentes, mesmo com base apenas em levantamentos feitos num pequeno universo amostral de um determinado centro urbano do país, os resultados podem ser úteis para outras cidades verticalizadas, com o intuito de evitar que se repitam em novos edifícios a serem projetados e construídos. Portanto, a tipificação e caracterização da natureza das patologias e não conformidades mais frequentes nesse universo amostral podem contribuir para uma atuação preventiva durante as fases de projeto e execução de novas edificações. Esta é a razão maior do estudo das patologias construtivas no âmbito da Engenharia. Futuros trabalhos nesta área e em esferas correlatas do conhecimento tecnológico poderão valer-se desses resultados para melhorar a gestão do processo de projeto e obter maior grau de qualidade na execução dos SHP.

A aplicação das diretrizes deste método em anos recentes a 25 edificações em Curitiba, na forma de estudos de casos múltiplos, permitiu a identificação de patologias frequentes, a determinação de suas causas, a previsão de suas conseqüências e a proposição de correspondentes ações corretivas ou de medidas preventivas.

Para melhor orientar a aplicação destas intervenções nos edifícios, este trabalho apontou para a viabilidade do emprego de análise multicriterial no estabelecimento de prioridades que considerem fatores tão diversificados como custo, transtornos causados, risco inerente à saúde ou à vida, etc.

Nas diretrizes para a formulação do método proposto, a ser desenvolvido e detalhado de modo a permitir a priorização de medidas preventivas e ações corretivas ou reabilitatórias, este texto introduziu os métodos hierárquicos como ferramentas viáveis de um sistema de apoio à decisão, particularizando o método ELECTRE III.

Espera-se que este trabalho tenha contribuído com recursos para o desenvolvimento de uma ferramenta tanto para a manutenção do desempenho ao longo da vida útil do edifício como para retroalimentar o processo de projeto.



## REFERÊNCIAS

ADDLESON, L. **Building Failures: A guide to diagnosis, remedy and prevention**. 3<sup>rd</sup> ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1992. 297p.

AFONSO, A. A. As instalações de águas e esgotos, na perspectiva da reabilitação. In: ENCONTRO SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS, 3 (PATORREB 2009), Porto, Portugal, 18-20 mar. 2009. **Anais...** PATORREB, Porto, 2009. p. 39.

AGUIAR, S. **Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao programa Seis Sigma**. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 2002, v. 1, 229 p.

ALFREDO, A. D. **Contribuição ao estudo de viabilidade e seleção de alternativas de projeto de obras hidráulicas**. Campinas, 1997. 102 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas, mar. 1997.

ALMEIDA, G. G. **Avaliação Durante Operação (ADO): Metodologia aplicada aos sistemas prediais**. São Paulo, 1994. 185 p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

ALTOQI TECNOLOGIA EM INFORMÁTICA LTDA.; MN TECNOLOGIA E TREINAMENTO LTDA. **Instalações prediais de água fria**. In: CURSO À DISTÂNCIA DE INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA FRIA. Florianópolis, [2005]. Material de apoio às aulas. Não paginado. Disponível em: <<http://www.qisat.com.br/webensino>>. Acesso em: 14 jun. 2010.

\_\_\_\_\_. **Instalações prediais de águas pluviais**. In: CURSO À DISTÂNCIA DE INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS. Florianópolis, [2006]. Material de apoio às aulas. Disponível em: <<http://www.qisat.com.br/webensino>>. Acesso em: 18 jun. 2010.

\_\_\_\_\_. **Instalações prediais de água quente - Geração**. In: CURSO À DISTÂNCIA DE INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA QUENTE - GERAÇÃO. Florianópolis, [2007]. Material de apoio às aulas. Não paginado. Disponível em: <<http://www.qisat.com.br/webensino>>. Acesso em: 18 jun. 2010.

ALVAREZ, R. R. Métodos de identificação, análise e solução de problemas: uma análise comparativa. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 1997, Santa Barbara D'Oeste. **Anais...** Niterói: ENEGEP 1997, 9 p. Disponível em: <<http://publicacoes.abepro.org.br>>. Acesso em: 23 jul. 2008.

ALVES, F. V. **Seleção de sítio e tecnologia para estação de tratamento de esgoto por meio de SIG e métodos multicriteriais. Estudo de caso: Paulínia - SP**. Campinas, 2003. 199 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas, jan. 2003.

AMORIM, S. V. **Instalações prediais hidráulico-sanitárias: desempenho e normalização**. São Carlos, 1989. 168 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1989.

\_\_\_\_\_. Patologia e desempenho de instalações prediais hidráulico-sanitárias. In: SIMPÓSIO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS E COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 1989, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: 1989. p. 104-120.

\_\_\_\_\_. **Metodologia para estruturação de sistemas de informação para projeto dos sistemas hidráulicos prediais**. São Paulo, 1997. 213 p. Tese (Doutorado). Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

\_\_\_\_\_. Qualidade em projeto dos sistemas hidráulicos prediais. In: WORKSHOP TENDÊNCIAS RELATIVAS À GESTÃO DA QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1997, São Paulo. **Anais...** São Paulo: 1997. Não paginado, 3p.

\_\_\_\_\_. Estruturação de sistemas de informação para projeto dos sistemas hidráulicos prediais. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, VII: Qualidade no processo construtivo, 27-30 abr.1998, Florianópolis. **Anais...** Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis: 1998. p. 531-538. Disponível em <<http://www.infohab.org.br>>. Acesso em: 26 jun. 2009.

\_\_\_\_\_; Patologias nos Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário e Águas Pluviais ocasionadas pelo aquecimento para alteração de forma. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES, V; CONGRESSO IBEROAMERICANO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES, V - CONPAT 99. Montevideu, Uruguai, 1999. **Anais...** v. 2, p. 943-949.

\_\_\_\_\_; VIDOTTI, E.; CASS, A. J. R. Patologias das instalações prediais hidráulico-sanitárias, em edifícios residenciais em altura, na cidade de São Carlos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO - ENTAC 93, 1993, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1993. p. 15-523. Disponível em <<http://www.infohab.org.br>>. Acesso em: 26 jun. 2008.

\_\_\_\_\_; FUGAZZA, A. E. (colaborador). Incidência de falhas em sistemas prediais: estudo de caso. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES, IV; CONGRESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE, VI, 21-24 out. 1997. Porto Alegre. **Anais...** 7 p. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br>>. Acesso em: 28 jul. 2009.

\_\_\_\_\_; CONCEIÇÃO, A. P. Banco de dados para o projeto de sistemas hidráulicos prediais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 2, n. 4, p. 63-71, out/dez. 2002. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br>>. Acesso em: 28 jul. 2009.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. Estudo de patologias em sistemas prediais hidráulicos e sanitários. In: ENCONTRO SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS, 3 (PATORREB 2009), Porto, Portugal, 18-20 mar. 2009. **Anais...** PATORREB, Porto, 2009. p. 187-192.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; FERRANTE, L. M.; GUIMARÃES, R.V. Estudo de patologias em sistemas prediais hidráulicos e sanitários. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS, X. 29-30 ago. 2007, São Carlos, **Anais eletrônicos...** São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, não paginado, 11 p., artigo [20]. CD-ROM.

\_\_\_\_\_; DIAS JR., R. P.; SOUZA, K. E. Melhoria da qualidade dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários através do estudo da incidência de falhas. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, I / ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, X, 18-21 jul. 2004, São Paulo. **Anais...**, p. 16-19. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br>>. Acesso em: 28 jul. 2009.

ANDRADE, F.F. **O método de melhorias PDCA**. São Paulo, 2003. 157 p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.

ANTUNES, V. G. Aquecedor regulado é medida de segurança. **CREA-PR**, Curitiba, ago. 2005. Seção Norma Técnica. p. 32-34.

ARAÚJO, L. S. M. **Avaliação Durante Operação dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários em edifícios escolares**. Campinas, 2004. 231 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas.

ARAÚJO, L. S. M.; ILHA, M. S. O.; PEDROSO, L. P.; GONÇALVES, O. M. Estudo das patologias dos sistemas prediais de água e de esgoto sanitário em escolas da rede municipal de Campinas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, III. **Anais...** 15 p; Não numerado. São Carlos, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5626**: Sistemas prediais de água fria. Rio de Janeiro, 1998. 41 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 5674**: Manutenção de edificações – Procedimento. Rio de Janeiro, 1999. 6 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 7198**: Projeto e execução de instalações prediais de água quente – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004. 19 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 8130**: Aquecedor de água a gás tipo instantâneo - Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005. 19 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 8160**: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. Rio de Janeiro, set. 1999. 74 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989. 13 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 10897**: Sistemas de proteção contra incêndio por chuveiros automáticos – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007. 108 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 13103**: Instalação de aparelhos a gás para uso residencial – Requisitos dos ambientes. Rio de Janeiro, 2006. 2 ed. 38 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 13531**: Elaboração de projetos de edificações – Atividades técnicas. Rio de Janeiro, 1995. 10 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 13714**: Sistemas de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio. Rio de Janeiro, jan. 2000. 25 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 13752**: Perícias de Engenharia na Construção Civil. Rio de Janeiro, 1996. 8 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 14037**: Manual de operação, uso e manutenção das edificações. Rio de Janeiro, 1998. 8 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 14653-1**: Avaliação de bens – Parte 1: Procedimentos gerais. Rio de Janeiro, 2001. 10 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-1**: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2008. 52 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15526** - Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais - Projeto e execução. Rio de Janeiro, 2009. 44 p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-6**: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Parte 6: Sistemas hidrossanitários. Rio de Janeiro, 2008. 28 p.

ATHANAZIO, A. G.; TRAJANO, I. Análise da origem de defeitos em edifícios habitacionais: uma metodologia baseada em estudo de caso no Rio de Janeiro. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO “TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS”: Soluções para o Terceiro Milênio. Escola Politécnica da USP, 03-06 nov. 1998. **Anais...**, p. 417-424.

BARROS, J.C.G. **Avaliação do desempenho dos sistemas prediais de aparelhos sanitários em edifícios escolares da rede municipal de Campinas**. Campinas, 2004. 108p. Dissertação (mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas.

BENEDICTO, S. M. O. **Desempenho de sistema predial de água quente**. São Carlos, 2009. 186 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos, 2009.

BERNARDES, C.; ARKIE, A.; FALCÃO, C. M.; KNUDSEN, F.; VANOSSI, G.; BERNARDES, M.; YAOKITI, T. U. **Qualidade e o custo das não-conformidades em obras de construção civil**. São Paulo: PINI, SECOVI, 1998. 90p.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à Engenharia Sanitária**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978. 2 ed. 620 p.

BRASIL. Lei 5.966, de 11 de dezembro de 1973. Institui o SINMETRO – Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília – DF, 11 dez. 1973.

\_\_\_\_\_. Lei 8.078, de 11 de setembro de 1990. Estabelece o Código de Defesa do Consumidor. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília – DF, 11 set. 1990. Seção IV - Das práticas abusivas, artigo 39; artigo 50.

\_\_\_\_\_. Lei 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília – DF, 30 jun. 1993.

\_\_\_\_\_. Lei 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Novo Código Civil Brasileiro. Regulamenta, entre outros, o Direito de Vizinhança, Direito de Construir, as Empreitadas e o Condomínio Edifício. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília – DF, 11 jan. 2002.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Portaria MS Nº. 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências. **Secretaria de Vigilância em Saúde**. Brasília –DF, 26 mar. 2004.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). **BS 5572**: Code of Practice for Sanitary Pipework. London, 1994. 82 p.

BRITO, J. N. S. **Retroalimentação do processo de desenvolvimento de empreendimentos de habitação de interesse social a partir de reclamações de usuários: estudo no Programa de Arrendamento Residencial**. Porto Alegre, 2009. 157p. Dissertação (mestrado). Escola de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BUCHANAN, J.; SHEPPARD, P. **Ranking Projects Using the ELECTRE Method**. 33<sup>rd</sup> ORSNZ CONFERENCE. 30 Aug-01 Sept. 1998. University of Auckland, New Zealand. Online Proceedings, Session 1B: Finance and Economics Applications. Não paginado. Disponível em <[www.orsnz.org.nz/conf33/abstracts.html](http://www.orsnz.org.nz/conf33/abstracts.html)>. Acesso em: maio 2008.

CAMPANTE, E.F. **Metodologia de diagnóstico, recuperação e prevenção de manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos de fachada**. São Paulo, 2001. 407 p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2001.

CAMPOS, V. F. **TQC Controle da qualidade total (no estilo japonês)**. Belo Horizonte: Desenvolvimento Gerencial, 1992. 230p.

COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em Administração**: um guia prático para alunos de graduação e pós-graduação. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 349 p.

COMPANHIA DE GÁS DE SÃO PAULO (COMGÁS). **Regulamento de instalações prediais de gás - RIP**. Sl. out. 2009. São Paulo: COMGÁS, 2009. 180 p. Disponível em: <<http://www.comgas.com.br>>. Acesso em: 23 jul. 2010.

CONCEIÇÃO, A. P. **Estudo da incidência de falhas visando a melhoria da qualidade dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários**. São Carlos, 2007. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos, 2007. 128 p.

CONSELHO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (CONMETRO) Resolução nº 6/92 de 24 de agosto de 1992. Reconhece e legitima como normas brasileiras aquelas homologadas pelo Foro Nacional de Normalização. **CONMETRO**: Brasília, DF, ago. 1992.

CONSELHO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (CONMETRO). Resolução nº 7/92 de 24 de agosto de 1992. Designa a Associação Brasileira de Normas Técnicas como Foro Nacional de Normalização. **CONMETRO**: Brasília, DF, ago. 1992.

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA DO ESTADO DO PARANÁ (CREA-PR). Deliberação normativa DN-16/1999 - CEEC. Conceituação e requisitos para elaboração de laudos. **CREA-PR**: Câmara Especializada de Engenharia Civil. Curitiba, 13 set. 1999. Disponível em <[www.crea-pr.org.br](http://www.crea-pr.org.br)> . Acesso em: jun. 2009.

CORTADA, A. C. H. **Integração de um sistema de gestão da qualidade através do MASP**. Campinas, 2004. 175 p. Dissertação (mestrado profissional). Departamento de Engenharia de Fabricação da Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas.

CREMONINI, R. A. **Incidência de manifestações patológicas em unidades escolares na região de Porto Alegre. Recomendações para projeto, execução e manutenção**. Porto Alegre, 1988. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1988.

CREMONINI, R. A.; JOHN, V. M. Manutenção predial: uma visão sistemática. In: X SIMPÓSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 23-24 nov. 1989. **Anais**, p. 117-128.

FABRICIO, M. M. **Projeto Simultâneo na construção de edifícios**. Tese (Doutorado). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002. 328 p.

\_\_\_\_\_.; MELHADO, S.B. Por um processo de projeto simultâneo. In: II WORKSHOP NACIONAL DE GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2002, Porto Alegre. PUC/RS - UFSM - EESC/USP, 2002. **Anais eletrônicos...** Não paginado. CD ROM.

FAGUNDES NETO, J. C. P. **Proposta de método para investigação de manifestações patológicas em sistemas de pinturas látex de fachadas.** São Paulo, 2007. 154p. Dissertação (mestrado). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

\_\_\_\_\_. **Perícias de fachadas em edificações.** São Paulo, Leud, 2008. 215p

FEURICH, H. Instalações hidrossanitárias em hospitais. **Hydro**, Aranda, São Paulo, a. IV, n. 33, p. 26-34, jul. 2009.

FICKER, J. **Linguagem do laudo pericial – Técnicas de comunicação e persuasão.** São Paulo: Leud, 2005. 216p.

\_\_\_\_\_. **Perícias e avaliações de Engenharia: fundamentos práticos.** São Paulo: Leud, 2007. 127p.

FIGUEIREDO, F. G. **Processo de Projeto Integrado para melhoria do desempenho ambiental de edificações: dois estudos de caso.** Campinas, 2009. 258p. Dissertação (mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas, nov. 2009.

FREITAS, V. P.; SOUSA, M. WWW.PATORREB.COM. In: ENCONTRO SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2 (PATORREB 2006), Porto, Portugal, 20-21 mar. 2006. **Anais...** PATORREB, Porto, 2006. p. 763-772.

\_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_; ALVES, S. A internet como meio de disseminação de um catálogo de patologias. In: ENCONTRO SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS, 3 (PATORREB 2009), Porto, Portugal, 18-20 mar. 2009. **Anais...** PATORREB, Porto, 2009. p. 897-902.

GARCIA, C. C.; LIBORIO, J. B. L. A incidência de patologias geradas pela falta de controle e de qualidade dos canteiros do obras. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS – SOLUÇÕES PARA O TERCEIRO MILÊNIO. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 03-06 nov. 1998. **Anais...** Departamento de Engenharia de Construção Civil – PCC – USP, 1998, p. 425-432.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 3 ed. São Paulo: Atlas, 1996. 159p.

GOICOCHEA, A.; HANSEN, D. R.; DUCKSTEIN, L. **Multiobjective Decision Analysis with Engineering and Business.** Canada: John Willey & Sons, 1982. 519 p.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. **Tomada de Decisão Gerencial.** Enfoque Multicritério. São Paulo: Atlas, 2006. 2 ed., 289 p.

GOMIDE, T.L.F. **Engenharia legal.** São Paulo: Juarez de Oliveira, 2002. 176 p.

\_\_\_\_\_; FAGUNDES NETO, J.C.P. **Curso de Engenharia Diagnóstica – Edificações.** In: CURSO DE ENGENHARIA DIAGNÓSTICA. Curitiba, maio 2008. Apostila.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_; PUJADAS, F.Z.A. **Técnicas de Manutenção e Inspeção Predial: vistorias técnicas, *checkup* predial, normas comentadas.** São Paulo: Pini, 2006. 328p.

GONÇALVES, O. M. Qualidade na implantação de sistemas prediais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS, VII. São Paulo, Escola Politécnica da USP, 27-28 nov. 1994. **Anais...**, Não paginado. 11 p.

\_\_\_\_\_; ILHA, M. S. O.; AMORIM, S.; PEDROSO, L. P. Patologias dos sistemas prediais de água fria em escolas municipais de Campinas, São Paulo. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE PATOLOGIA, VII; CONGRESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE, X - COMPAT 2005 - set. 2005, Assunção, Paraguai. **Anais...** Asociación Latinoamericana para el Control, Patología y Recuperación de las Construcciones, v. II: Patología de la Construcción, cap. IX: Instalaciones de Redes de Servicio, p. IX.1-IX.8.

GRAÇA, M. E. A. **Formulação de modelo para avaliação das condições determinantes da necessidade de ventilação secundária em sistemas prediais de coleta de esgotos sanitários.** São Paulo, 1985. 375 p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1985.

GRANDISKI, P. **Curso de perícias em edificações.** In: CURSO DE PATOLOGIA NAS OBRAS CIVÍIS. Universidade Tuiutí do Paraná, Curitiba, outubro 2007. Apostila.

\_\_\_\_\_. **Problemas técnico-jurídicos em construções.** In: CURSO DE PATOLOGIA NAS OBRAS CIVÍIS. Universidade Tuiutí do Paraná, Curitiba, out. 2007. Apostila.

\_\_\_\_\_. **Novas normas de desempenho da ABNT e suas repercussões na área da construção civil.** Palestra realizada na Associação Joinvilense de Engenheiros Civis (AJECI), Joinville, 04 set 2008. Apostila. 48 p.

\_\_\_\_\_. Por dentro da lei: Engenheiro do IBAPE-SP explica como trabalham os peritos de engenharia nos litígios envolvendo construtoras e usuários. **Téchne**, Pini, São Paulo, n.160, jul. 2010. Disponível em <<http://www.revistatechne.com.br>>. Acesso em: 22 jul. 2010.

GRAÇA, M. E. A.; FREIRE, C. C. A.; FARINA, H. A produção de projetos de sistemas prediais: fase conceitual e fase preliminar. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 1998, Niterói. **Anais...** Niterói: Universidade Federal Fluminense. 8p. Disponível em <<http://www.infohab.com.br>>. Acesso em: 23 out. 2009.

GRAÇA, V. A. C.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Metodologia de avaliação de conforto ambiental de projetos escolares usando o conceito de otimização multicritério. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 4, n. 3, p. 19-35, jul./set. 2004. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br>>. Acesso em: 30 nov. 2009.

GRANJA, A. D.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; PINA, S. A. M. G.; FONTANINI, P. S. P.; BARROS, L. A. F.; DE PAOLI, D.; JACOMIT, A. M.; MAÇANS, R. M. R. A natureza do valor desejado na habitação social. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 87-103, abr./jun. 2009. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br>>. Acesso em: 30 ago. 2009.

HARTMANN, M. Processos de desinfecção de água. **Hydro**, Aranda, São Paulo, a. II, n. 17, p. 18-33, mar. 2008.

HENRIQUES, F. M. A. A importância do conhecimento da patologia no ensino da Engenharia Civil. In: ENCONTRO SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2 (PATORREB 2006), Porto, Portugal, 20-21 mar. 2006. **Anais...** PATORREB, Porto, 2006. p. 109-119.

HERNANDES, A. T. **Diretrizes para o gerenciamento da água pluvial nas edificações escolares**. São Carlos, 2006. 308 p. Dissertação (Mestrado). Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de São Carlos, 2006.

ILHA, M. S. O. **Qualidade dos sistemas hidráulicos prediais**. São Paulo, 1993. 50 p. Texto Técnico TT/PCC/07. Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

\_\_\_\_\_. A investigação patológica na melhoria dos sistemas prediais hidráulico-sanitários. **Hydro**, Aranda, São Paulo, a. 30, n. 30, p.60-65, abr. 2009.

\_\_\_\_\_; AMORIM, S. V. ; GONÇALVES, O. M.; COIADO, E. M. Execução de juntas em PVC rígido em sistemas prediais de esgoto sanitários. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, VIII, 2000, Salvador. ENTAC 2000: MODERNIZAÇÃO E SUSTENTABILIDADE., 2000. v. II, p. 1059-1066.

\_\_\_\_\_; SALERMO, L.S.; MARCATI, V. C.; VALARINI, G. P.; PARAGUAY, J. H. B. B. Patologias dos sistemas prediais de água do Hospital das Clínicas da Universidade Estadual de Campinas. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, I; ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, X, 18-21 jul. 2004, São Paulo. **Anais...** Não paginada. 8p.

\_\_\_\_\_; ARAÚJO, L. S. M.; YWASHIMA, L. A.; BARROS, J. C. G. Análise das patologias dos sistemas prediais em escolas municipais. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE PATOLOGIA, VII; CONGRESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE, X - CONPAT 2005 - set. 2005, Assunção, Paraguai. **Anais...** Asociación Latinoamericana para el Control, Patología y Recuperación de las Construcciones, v. II: Patología de la Construcción, cap. X: Uso y Mantenimiento, p. X.9-X.16. 8 p.

\_\_\_\_\_. ; NUNES, S. S.; SALERMO, L. S. Incidências de patologias nos sistemas prediais de água do Hospital das Clínicas da Unicamp. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE PATOLOGIA, VII (CONPAT 2005) e CONGRESSO DE CONTROLE DE QUALIDADE, X, set. 2005, Assunção, Paraguai. **Anais...** v. II, p. IX.9-IX.16.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA DE SÃO PAULO (IBAPE-SP). **Glossário de terminologia básica aplicável à engenharia de avaliações e perícias do IBAPE/SP**. São Paulo: IBAPE, 2002. 41p. Disponível em <[www.ibapesp.org.br](http://www.ibapesp.org.br)>. Acesso em: 20 jun. 2009.

\_\_\_\_\_. **Norma básica para perícias de engenharia do IBAPE/SP**. São Paulo, 2003. 27p. Disponível em <[www.ibapesp.org.br](http://www.ibapesp.org.br)>. Acesso em: 20 jun. 2009.

\_\_\_\_\_. **Norma de inspeção predial – 2007**. São Paulo, 2007. 32p. Disponível em <[www.ibapesp.org.br](http://www.ibapesp.org.br)>. Acesso em 20 jun. 2009.

\_\_\_\_\_. **Inspeção predial**. São Paulo: LEUD, 2005. 247 p.

\_\_\_\_\_. Análise dos principais problemas apontados pelos clientes em pesquisas de avaliação de satisfação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, III (III SIBRAGEC), 16-19 set. 2003, São Carlos. **Anais...** Não paginado.

\_\_\_\_\_. ; CREA-SP. **A saúde dos edifícios**. Manual do proprietário. São Paulo: IBAPE-SP; CREA-SP, 1998. 44 p.

INTERNATIONAL CODE COUNCIL (ICC). **International Plumbing Code – 2000**. Falls Church, EUA: ICC; BOCA; ICBO; SBCCI, jan. 2000. 131 p.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Examples of Integrated Design: five low energy buildings created through Integrated Design**. Arnhem, 2000. Disponível em: <<http://www.iea-shc.org/task23/outcomes.htm>> Acesso em: 13 jul. 2010.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Multi-Criteria Decision-Making MCDM-23: A Method for specifying and prioritizing criteria and goals in design**. [S.l.], 2002. Disponível em: <<http://www.iea-shc.org/task23/outcomes.htm>> Acesso em: 23 jul. 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 6241**: Performance standards in buildings. Principles for their preparation and factors to be considered. London, 1984.

INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION (CIB). CIB Working Commission W86 – Building Pathology. Beukel, A. van den (Coord.). **Building Pathology a state-of-the-art report**. CIB Report, Publication 155. Delft, June 1993. 76 p.

JOBIM, M. S. S. Análise dos principais problemas apontados pelos clientes em pesquisas de avaliação de satisfação. In: - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, III (III SIBRAGEC) 16-19 set. 2003, Santa Maria, 2003. 10p. **Anais eletrônicos...** Não numerado. CD ROM.

JOSEPHSON, P. E.; LARSSON, B. The role of early detection of human errors in building projects. In: CIB WORLD BUILDING CONGRESS, 2001., Wellington, New Zealand. **Proceedings...** Wellington: CIB, apr. 2001. p. 1-9.

KAY, D.; WATKINS, J.; FEWTRELL; L. An evaluation of public health issues associated with, or arising from, drainage-based infection spread. **Building Services Engineering Research and Technology**, The Chartered Institution of Building Services Engineers, London, v. 27, n. 2, p. 119-125, 2006. Disponível em <<http://bse.sagepub.com>>. Acesso em: 28 jun. 2009.

KEENEY, R.; RAIFFA, H. **Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs**. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Cambridge University Press, 1993. 569 p.

KEPNER, C. H.; TREGOE, B. B. **O novo administrador racional**. 2 ed. São Paulo: Makron, 1991.

KILB, B. Como evitar problemas com a legionela. **Hydro**, Aranda, São Paulo, a. III, n. 22, p. 56-61, ago. 2008.

KINDT, B. Higienização de instalações de água potável. **Hydro**, Aranda, São Paulo, a. I, n. 6, p. 34-36, abr. 2007.

**KITS HIDRÁULICOS. Técnica**, Melhores Práticas. São Paulo, n. 138, p. 1-5, 28 set. 2008. Disponível em: <<http://www.revistatécnica.com.br/engenharia-civil/138>>. Acesso em: 14 ago. 2009.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; SILVA, V. G. ; PINA, S. A. M. G.; LABAKI, L. ; RUSCHEL, R. C.; MOREIRA, D. C. ; . Quality of life and sustainability issues as seen by the population of low-income housing in the region of Campinas. **Habitat International**. London, 2006. v. 30, p. 1100-1114.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K., CELANI, M. G. C., MOREIRA, D. C., PINA, S. A. M., RUSCHEL, R. C., SILVA, V. G., LABAKI, L. C., PETRECHE, J. R. D. Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 7-19, abr./jun. 2006. Disponível em: < <http://www.infohab.org.br> >. Acesso em: 30 ago. 2009.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. *et al.* Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 7-19, abr./jun. 2006. Disponível em: < <http://www.infohab.org.br> >. Acesso em: 30 ago. 2009.

KRYSCHI, R. Higienização em sistemas de água potável. **Hydro**, Aranda, São Paulo, a. II, n. 20, p. 38-41, jun. 2008.

LANDI, F. R. **A evolução histórica das instalações hidráulicas**. São Paulo, 1993. 64 p. Texto Técnico TT/PCC/100. Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

LATERZA, L. B. M. **Estudo teórico e experimental de falhas em conexões de PVC para sistemas prediais de água fria**. São Paulo, 1997. Tese (Doutorado). Departamento de Engenharia Mecânica. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1997.

LEAL, U. Afinal, o que é norma de desempenho? **Téchne**, Pini, São Paulo, n. 86, p. 32-36, maio 2004.

LICHTENSTEIN, N. B. **Patologia das construções: procedimentos para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações**. São Paulo, 1985. 191 p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1985.

LOBATO, M. B. **Sistema de hierarquização de ações de conservação da água em edificações com aplicação do método ELECTRE III**. Curitiba, 2005. 246 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná.

LOPES, J. L. R. **Sistemas de manutenção predial: revisão teórica e estudo de caso adotado no Banco do Brasil**. Porto Alegre, 1993. 128 p. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1993.

LUPATINI, G. **Desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão em escolha de áreas para aterros sanitários**. Florianópolis, 2002. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, 2002.

\_\_\_\_\_. Avaliação pós-ocupação através de sistemas de gerenciamento e manutenção predial. Brasil - São Paulo, SP. 1993. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, IV (IV ENTAC), 1995, São Paulo. **Anais...** v. 2, p. 727-735.

MAIA NETO, F. **Da prova pericial**. Belo Horizonte: Del Rey, 1998. 74 p.

\_\_\_\_\_. **Roteiro prático de avaliações e perícias judiciais**. 5. ed. Belo Horizonte: Del Rey, 2000. 324 p.

\_\_\_\_\_. **Perícias judiciais de engenharia – Doutrina, prática e jurisprudência**. 4e. Belo Horizonte: Del Rey, 2003. 250 p.

\_\_\_\_\_. **A prova pericial no Processo Civil**. Belo Horizonte: Del Rey, 2005. 158 p.

\_\_\_\_\_. **Laboratório de perícias judiciais**. In: CURSO DE PERÍCIAS JUDICIAIS. IBAPE-PR, CREA-PR, Curitiba, mar. 2009. Apostila. Não paginada.

MARCELI, M. **Sinistros na Construção Civil**. Causas e soluções para danos e prejuízos em obras. São Paulo: Pini, 2007. 259 p.

MARTINS, M. S; HERNADES, A. T.; AMORIM, S. V. Ferramentas para melhoria do processo de execução dos sistemas hidráulicos prediais. In: III SIBRAGEC - Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 16-19 set. 2003, São Carlos. **Anais**, sn.

MARTINS, R. N. **Elaboração de laudo pericial sobre patologia em revestimentos cerâmicos**. São Paulo, 2004. 141 p. Dissertação (mestrado). Centro de Aperfeiçoamento Tecnológico do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2004.

MAXIMIANO, A. C. A. **Introdução à Administração**. São Paulo: Compacta, 2006. 294 p.

MEDEIROS, V. Q. **Análise e mapeamento das manifestações patológicas vistoriadas pela seguradora em imóveis financiados pela Caixa Econômica Federal no Rio Grande do Sul em 1999 e 2000**. Porto Alegre, 2004. 167 p. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

MEDEIROS JÚNIOR, J.R.; FICKER, J. **A perícia judicial: como redigir laudos e argumentar dialeticamente**. 2 ed. São Paulo: Leud, 2006. 175 p.

MELHADO, S. B. **Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de incorporação e construção**. São Paulo, 1994. 294 p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1994. Disponível em: <<http://www.pcc.usp.br/silviobm/>> Acesso em: 20 out. 2009

MELHADO, S. B. **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios**. São Paulo, 2001. Tese (Livre-docência). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2001. 235 p. Disponível em: <<http://www.pcc.usp.br/silviobm/>> Acesso em: 20 out. 2009

MESSERSCHMID, H. Falhas de instalação em equipamentos de água potável – Parte II. **Hydro**, Aranda, São Paulo, a. IL, n. 17, p. 29-32, mar. 2006.

MIRON, L. I. G. **Proposta de diretrizes para o gerenciamento dos requisitos do cliente em empreendimentos da construção**. Porto Alegre, 2002. 150 p. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.

MOREIRA, M. T. C. **Análise e solução de problemas com vistas ao controle preventivo do processo de produção na indústria alimentícia**. Campinas, 2004. 89 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas.

MOURÃO, Y. R.; BARROS NETO, J. P.; SANTOS, A. P. S. A pesquisa de satisfação como forma de verificar a discordância entre os requisitos dos clientes e as especificações dos projetistas. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, I e ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, X, 18-21 jul. 2004, São Paulo. **Anais...** Não paginado.

NAKAMURA, J. Duas maneiras de utilizar o PEX no sistema hidráulico. **Téchne**, Pini, São Paulo, n. 71, p.56-59, fev. 2003.

NEPOMUCENO, L. X. **Técnicas de manutenção preditiva**. São Paulo: E. Blücher, 1999.

NETTO, O. M. C.; SOUZA, M. A. A.; LOPES JÚNIOR, R. P. Retrospectiva e prospectiva da análise tecnológica das alternativas para pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. In: **Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios**. Brasília: FINEP – PROSAB, Coletânea de Artigos Técnicos, 2001, v. II, art. 26, p. 253-270.

ORNSTEIN, S.; ROMÉRO, M. (colaborador). **Avaliação Pós-Ocupação (APO) do Ambiente Construído**. São Paulo: Studio Nobel, EDUSP, 1992. 223p.

OVESEN, K. Growth of bacteria in hot water systems – preliminary report of a pilot-project. In: CIB W062 SEMINAR – WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 1989. Gävle, Sweden. **Proceedings...** p. 149-162.

PCM PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO S/C LTDA. **Manutenção preventiva e preditiva**. In: CURSO SOBRE MANUTENÇÃO PREVENTIVA E PREDITIVA PARA CRYOVAC, Campinas, jul. 2006. Apostila. Não paginada.

PEDROSO, V. M. R. Patologia das instalações prediais de distribuição de águas. In: CONGRESSO IBEROAMERICANO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES, IV e CONGRESSO DE CONTROLE DA QUALIDADE, VI, Porto Alegre, 1997. **Anais...** p. 591-598.

PETROSKI, H. **Design paradigms case histories of error and judgment in engineering**. New York: Cambridge University Press, 1994. 209 p.

PIMENTA, F.; SEVZATIAN, L.; COSTI, L. O.; BARRETO, P.; KATER, S. **Manual de Escopo de Projetos e Serviços de Instalações Prediais para a Indústria Imobiliária - Hidráulica**. São Paulo: Associação Brasileira de Sistemas Prediais (ABRASIP), 93 p. Não datado. Disponível em: <<http://www.manuaisdeescopo.com.br>>. Acesso em: 28 abr. 2010.

PITTEN, F. A. Legionella: Inimiga invisível de instalações de água potável. **Hydro**, Aranda, São Paulo, a. I, n. 2, p. 34-39, set-out. 2006.

PONTES, F. A. A. **Metodologia para elaboração de laudo pericial de defeitos em revestimentos de argamassa**. São Paulo, 2002. 73 p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2002.

PONTES FILHO, J. L. M. **Aspectos relevantes da perícia judicial: metodologia para elaboração de laudos periciais sobre defeitos em revestimentos cerâmicos de fachadas de edifícios**. São Paulo, 2002. 129 p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

PORTUGAL. Direcção-Geral da Saúde; Direcção-Geral do Turismo. **Doença dos Legionários – Guia prático**. Lisboa, 2001. 26 p.

PRADO, R. T. A. (Org.); GONÇALVES, O. M.; ILHA, M. S. O.; AMORIM, S. V.; OLIVEIRA, L. H.; PETRUCCI, A. L.; PULICI, C. **Execução e manutenção de Sistemas Hidráulicos Prediais**. São Paulo, 2000. Pini, 191p.

PREISER, W. F. E.; VISCHER, J. C. (Editores). **Assessing building performance**. Oxford: Butterworth, Heinemann, 2005.

REBELLO, G. A. O. **Conservação de água em edificações: estudo das características de qualidade da água pluvial aproveitada em instalações prediais residenciais**. São Paulo, 2004. 96 p. Dissertação (Mestrado). Centro de Aperfeiçoamento Tecnológico. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2004.

REYGAERTS, J. Comment éviter les dégats. **C.S.T.C Revue**, Bruxelles, n. 3, p. 3-10, dec. 1978.

\_\_\_\_\_ ; GASPER, M.; DUTORDOIR, C. 1200 Problems: Erreurs de conception. Defaults de construction. Dégats. **C.S.T.C Revue**, Bruxelles, n. 3, p 2-6, sept. 1976.

RICHTER, C. *et al.* Análise da percepção dos usuários sobre as manifestações patológicas dos empreendimentos habitacionais do Programa de Arrendamento Residencial (PAR). In: – SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, V (V SIBRAGEC), Campinas, 29-31 out. 2007. **Anais...** Campinas, 2007. Não paginado..

RODRIGUES, C.; SILVA-AFONSO, A. A qualidade na construção ao nível das instalações prediais de águas e esgotos. Situação e perspectivas em Portugal. In: CONGRESSO CONSTRUÇÃO 2007 – CONGRESSO NACIONAL, 3. Coimbra, Portugal, 17-19 dez. 2007. **Anais...** Universidade de Coimbra, 2007. p. 1-8.

ROMÃO, X.; PAUPÉRIO, E.; GUEDES, J. M.; COSTA, A.; MIRANDA, L. Novas perspectivas para a sistematização de informação resultante de inspeções técnicas. In: ENCONTRO SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2 (PATORREB 2006), Porto, Portugal, 20-21 mar. 2006. **Anais...** PATORREB, Porto, 2006. p. 667-677.

ROY, B. The Outranking Approach and the Foundation of ELECTRE Methods, **Theory and Decision**, v. 31, p. 318-334, 1991.

\_\_\_\_\_. **Multicriteria Methodology for Decision Aiding** (Non Convex Optimization and its Applications v.12). Dordrecht: Kluwer Academic, 1996. Tradução para o inglês: Mark R. McCord. 292 p.

SABBATINI, F. H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. São Paulo, 1989. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1989. 336 p.

SANTOS, D. C.; LOBATO, M. B.; VOLPI, N. M. P.; BORGES, L. Z. Hierarquização de ações de conservação de água em edificações residenciais com o auxílio da análise multicritério. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 31-47, já./mar. 2006.

SANTOS, S.; BEBER, A. J. **Durabilidade e vida útil das estruturas**. In: CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANUTENÇÃO PREDIAL. Itajaí: Universidade do Vale do Itajaí, 2006. 25 p., fev. 2006. Apostila.

SCHRÖTER, A.; HEFTI, U. Estagnação: perigo para a qualidade da água potável. **Hydro**, Aranda, São Paulo, a. III, n. 21, p. 40-42, jul. 2008.

SECCO, O. **Manual de prevenção e combate de incêndio**. 3. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Prevenção de Acidentes (ABPA), 1982, 2 v.; v.I, 406 p., v.II, 537 p.

SHOBA, M. **Integração MASP/TPM como base para a implantação da gestão pela qualidade**. Campinas, 2003. 106 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas.

SKINNER, N. P. **Interpreting feedback information – some examples from housing maintenance**. Aylesbury, Inglaterra. Building Research Establishment (BRE), CP 1/83, 1983. 11 p.

SOUSA, M. Engenharia da água. **Construção**, Pini, a. XLII, n. 2240, p. 3-5, 14 jan. 1991.

SPRINGER, R. R. **Metodologia para realização de prova pericial de defeitos da impermeabilização em edificações**. São Paulo, 2005. 143 p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

STEUER, R. E. **Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation, and Application**. Malabar, John Willey & Sons, 1986. 546 p.

TANNOUS, H. W. **Manutenção Predial: Diretrizes para elaboração de um plano de manutenção para os sistemas prediais hidráulicos e elétricos**. São Paulo, 2003. 162 p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

TASCORNIA, R. Consecuencias de la no-calidad en la etapa de proyecto. In: SEMINARIO PATOLOGIA Y GESTIÓN DE CALIDAD EM LA CONSTRUCCIÓN. Montevideo, 22-24 jul. 1998. **Anais...** p. 27-54.

THOMAZ, E. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção**. São Paulo: Pini, 2000. 449 p.

VIANNA, I. O. A. **Metodologia do trabalho científico: um enfoque didático da produção científica**. São Paulo: E. P. U., 2001. 288 p.

VIEIRA, S. **Como escrever uma tese**. 5. ed. São Paulo: Pioneira, 2004. 102p.

VINCKE, P. **Multicriteria Decision-Aid**. Baffins Lane: John Wiley & Sons, 1992.

WEHMEIER, N. Sistemas prediais hidráulicos livres de contaminação. **Hydro**, Aranda, São Paulo, a. III, n. 28, p. 20-22, fev. 2009.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. Tradução Daniel Grassi. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 212p.

ZELNY, M. **Multiple Criteria Decision Making**. New York: McGraw Hill, 1982. 563 p.

ZUFFO, A. C. **Seleção e aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento ambiental de recursos hídricos**. São Carlos, 1998. 301 p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Hidráulica e Saneamento, Escola de Engenharia de São Carlos, 1998.

## APÊNDICE A: Algumas origens de infiltração de água que podem ensejar falsos vazamentos de tubulações de SPHS

### A.1 Infiltração de água interna por rejuntas de azulejos de box de chuveiro

Absorção de água proveniente de infiltração por rejuntas permeáveis de box de chuveiro, e subsequente percolação pela alvenaria e camada de regularização de manta de impermeabilização, pode ensejar falso indício de vazamento ao gotejar do fundo da caixa sifonada em direção ao forro falso do pavimento inferior (Figura A.1).

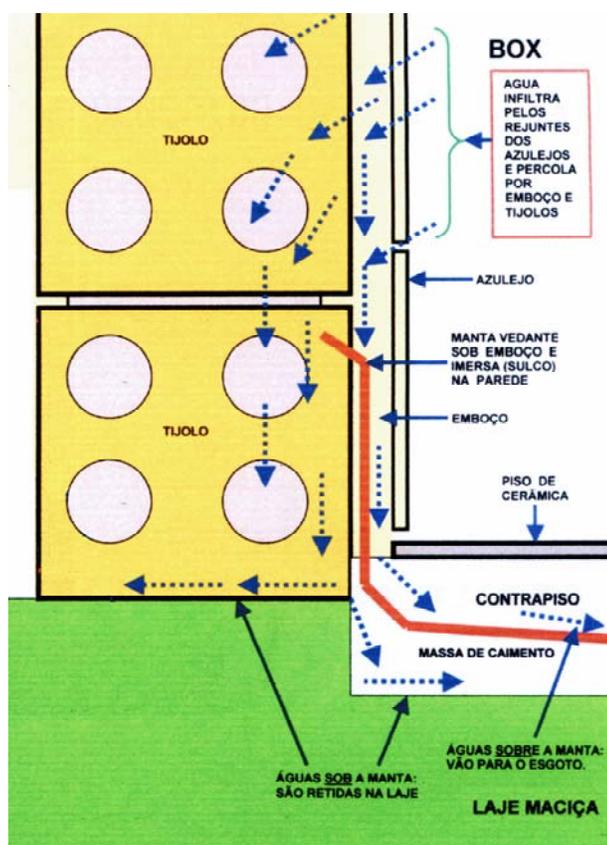


Figura A.1 - Infiltração de água interna por rejuntas de azulejos de box de chuveiro  
(Fonte: Acervo Arqº Sylvio Rocha Nogueira)

A lenta percolação da água pela camada permeável de regularização da manta impermeabilizante, apoiada sobre laje de concreto sob natural deformação, permite que a água infiltrada alcance a argamassa de vedação de ralo sifonado. Ela então passa a gotejar sobre o forro falso do pavimento imediatamente inferior, insinuando um falso vazamento de tubulação do SPHS, conforme ilustram as Figuras A.2 e A.3.

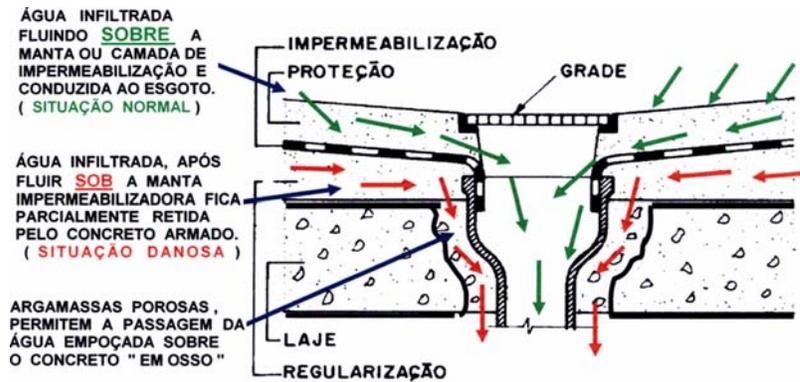


Figura A.2 – Gotejamento de água pela argamassa de vedação de ralo sifonado proveniente de infiltração interna ou externa, erroneamente atribuído a vazamento do SPHS (Fonte: Acervo Arqº Sylvio Rocha Nogueira)

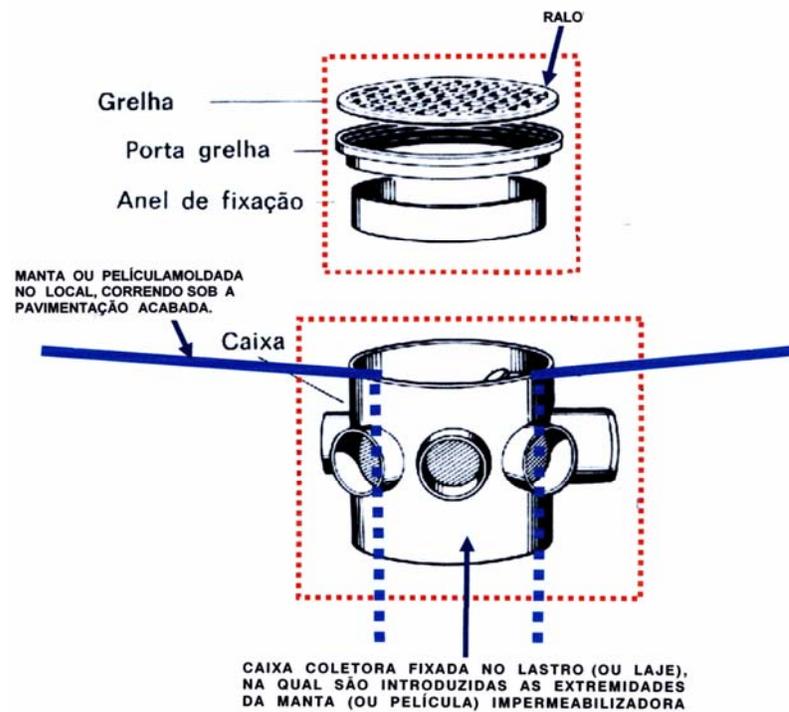


Figura A.3 - Infiltração de água interna por rejuntas de azulejos de box de chuveiro (Fonte: Acervo Arqº Sylvio Rocha Nogueira)

## A.2 Infiltração de água externa por microfissuras em rejuntas de pastilhas ou de cerâmica de fachada

Absorção de água proveniente de infiltração por microfissuras de rejuntas de pastilhas ou de placas cerâmicas de paredes externas, e subsequente percolação pela alvenaria e camada de regularização de laje maciça de concreto, pode ensejar falso vazamento ao gotejar do fundo da caixa sifonada para o forro falso do pavimento inferior (Figura A.4).

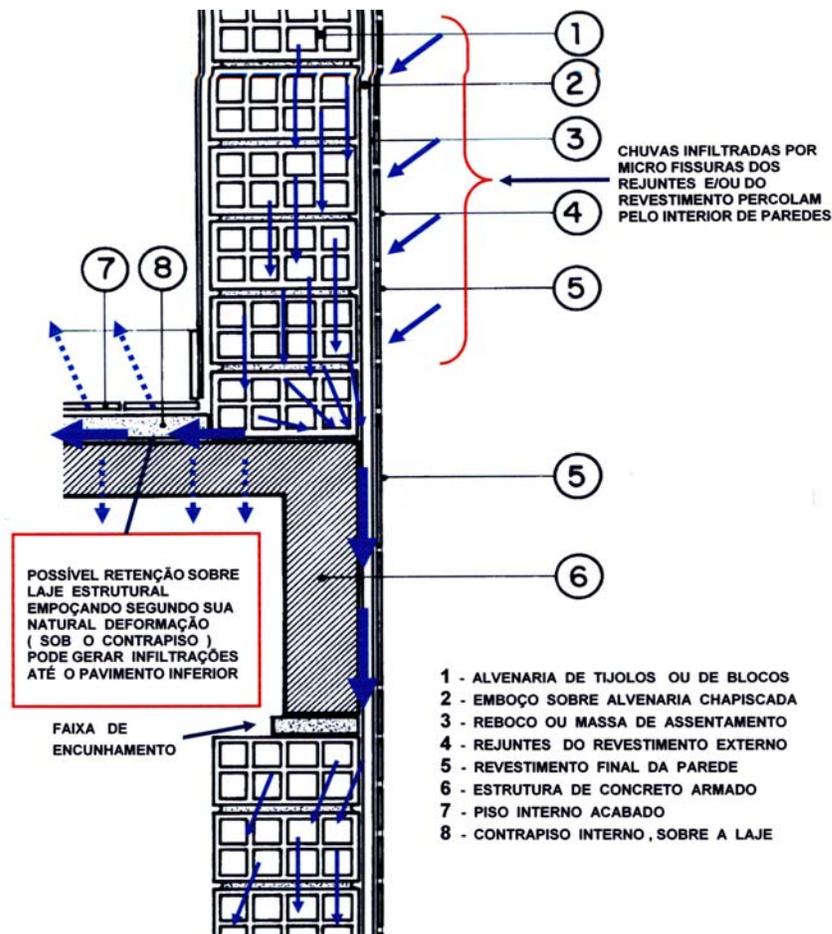


Figura A.4 - Infiltração de água interna por rejuntas de azulejos de box de chuveiro  
(Fonte: Acervo Arqº Sylvio Rocha Nogueira)

A absorção de água proveniente de infiltração por microfissuras de rejuntas de pastilhas ou de placas cerâmicas de paredes externas, e subsequente percolação pela alvenaria e material permeável de enchimento de laje rebaixada, pode insinuar falso indício de vazamento de tubulações do SPHS ao gotejar do fundo da laje no pavimento inferior (Figura A.5). Lajes rebaixadas para abrigar tubulações hidráulicas e sanitárias estão frequentemente presentes em edifícios antigos, conforme justificado em A.3.

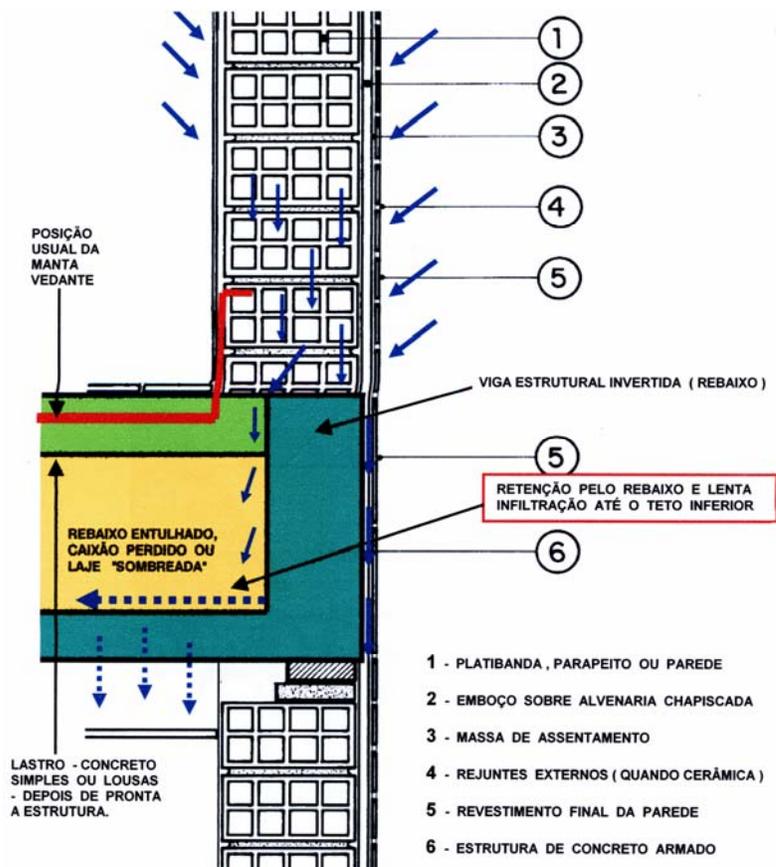


Figura A.5 - Infiltração de água interna por rejuntes de azulejos de box de chuveiro (Fonte: Acervo Arqº Sylvio Rocha Nogueira)

### A.3 Infiltração de água em lavagens de piso

Até os anos 70 do século passado, a solução adotada para ramais de descarga dos aparelhos sanitários e ramais de esgoto das áreas molhadas de edifícios verticalizados era alojá-los dentro de rebaixos de lajes e envolvê-los com material de enchimento, como britas ou entulho de obra. Em edifícios construídos até essa época, a infiltração de água proveniente de lavagens de pisos cerâmicos, com rejuntes permeáveis, em rebaixos não impermeabilizados e subsequente percolação pelo material de enchimento pode dar causa a falso indício de vazamento. Isto porque a água escorre por superfícies externas e argamassas de vedação de tubulações embutidas até gotejar do fundo da laje no pavimento inferior (figura A.6). A infiltração de água proveniente de lavagens de pisos cerâmicos com rejuntes permeáveis em pisos não impermeabilizados, e subsequente percolação por material de enchimento de laje rebaixada, pode sugerir falso indício de vazamento ao escorrer por superfícies externas e argamassas de vedação de tubulações embutidas do SPHS.

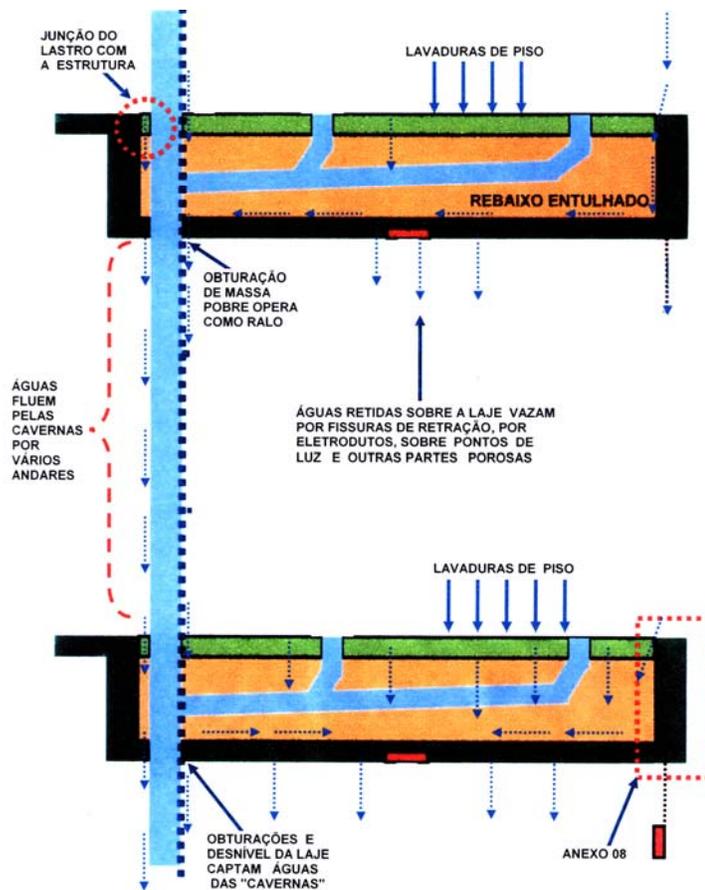


Figura A.6 - Infiltração de água em lavagens de piso não impermeabilizado (Fonte: Acervo Arqº Sylvio Rocha Nogueira)

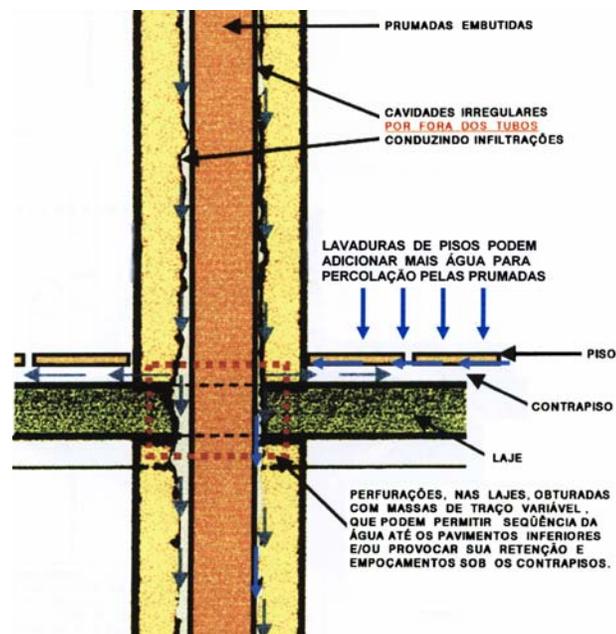


Figura A.7 - Infiltração de água em lavagens de piso não impermeabilizado e condução ao longo de prumada embutida em alvenaria (Fonte: Acervo Arqº Sylvio Rocha Nogueira)

## **APÊNDICE B: Alguns dos problemas encontrados nos estudos empíricos e a respectiva conduta adotada**

Durante a realização de estudo exploratório no edifício EE1, moradores de apartamento do 1º pavimento tipo queixaram-se da ocorrência esporádica de forte refluxo de esgoto a partir da grelha do ralo sifonado existente na lavanderia. O fenômeno aparentemente ocorria de forma aleatória e independia do uso simultâneo de outros aparelhos sanitários do mesmo apartamento, tendo ocorrido mesmo na ausência dos moradores. A certeza destes de se tratar de refluxo de esgoto proveio do cheiro característico resultante e da observação dos resíduos particulados com ele introduzidos no ambiente, conforme mostra a Figura B.1.



Figura B.1 – Resíduos particulados depositados no piso circundante de ralo sifonado de área de serviço objeto de refluxo de esgoto em simulação de descargas para constatação de sobrepressão (Fonte: Edifício EE1)

Neste caso, a descrição dos sintomas do problema sugeriu a hipótese da ocorrência do fenômeno da sobrepressão, uma típica patologia funcional do sistema predial de esgoto sanitário que afeta os pavimentos inferiores de edifícios verticalizados (GRAÇA, 1985).

O fenômeno da sobrepressão, nesta região do edifício, resulta do aumento da pressão atuante no núcleo de ar presente dentro de um tubo de queda. Este constitui a tubulação vertical que coleta os despejos de ramais de esgoto provenientes de ambientes sanitários dos vários pavimentos do edifício. Isto ocorre porque o esgoto escoar pelo tubo de queda verticalmente, aderente às paredes internas deste, na forma de um filme líquido, com seção na forma de um delgado anel líquido. Por esta razão, esse regime de escoamento é dito “fluxo anelar”.

À medida que o líquido assim escoar, ele arrasta consigo, por atrito, o ar presente no núcleo do tubo de queda, conforme ilustra a Figura B.2.

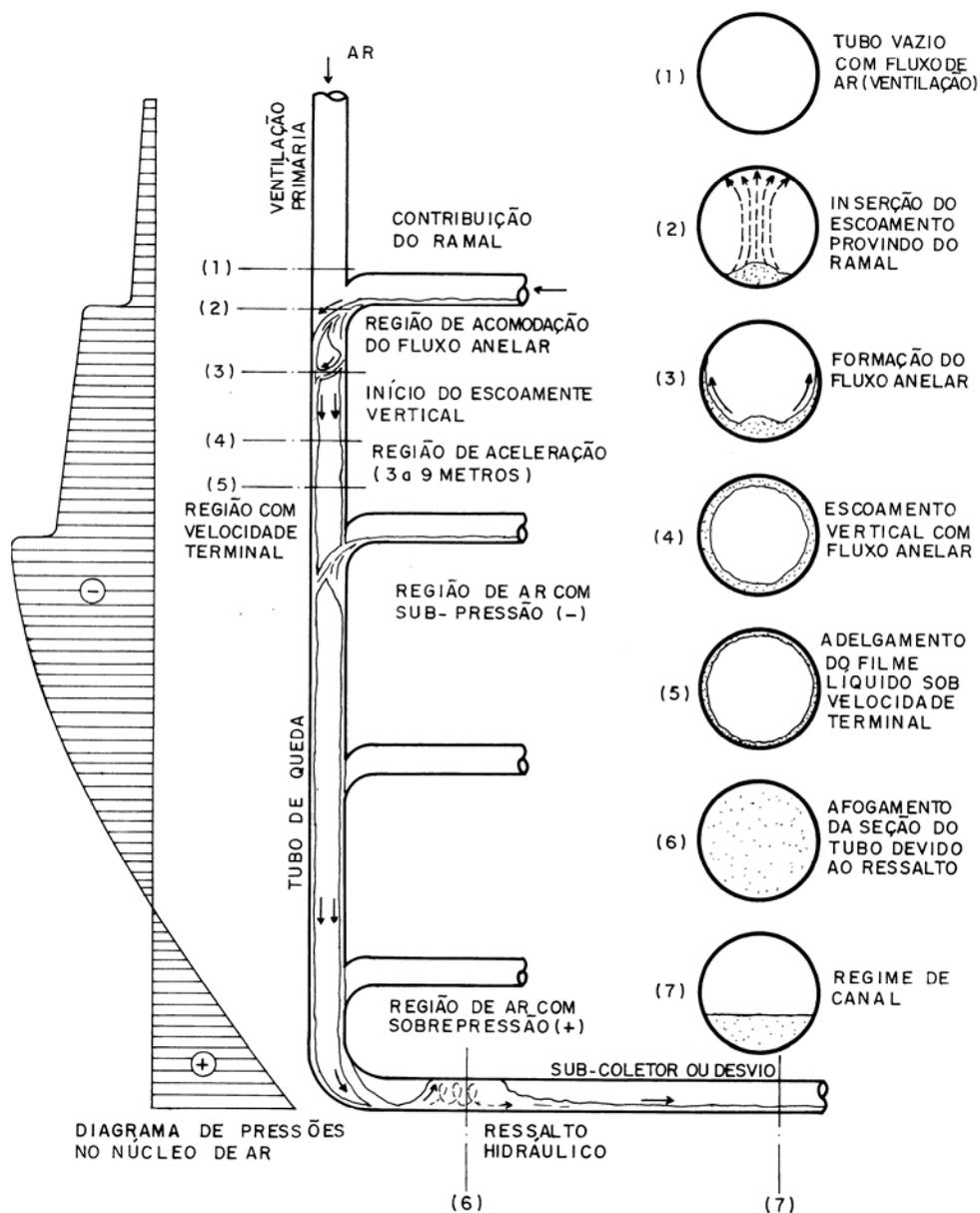


Figura B.2 – Formação de sobrepressão na porção inferior de tubo de queda

Ao atingir a base do tubo de queda e passar por brusca mudança de direção e de regime de escoamento, o líquido dissipa o excedente de sua energia cinética em um ressalto hidráulico que ocorre no início do subsequente subcoletor de esgoto. Em verdade, o ressalto é uma forma de turbilhonamento localizado e constitui uma forma de obstáculo ao livre fluxo do ar até arrastado por atrito pelo líquido.

Outros obstáculos ao escoamento de ar são a própria mudança repentina de direção e a travessia de uma cortina líquida que por vezes aí se forma, dependente da geometria da(s) conexão(ões) de mudança de direção.

Estes súbitos obstáculos enfrentados pelo ar interno ao tubo de queda representam restrição ao seu escoamento e parcial compressão na região da base do tubo de queda, imediatamente a montante da mudança de direção. A consequência é o aumento da pressão do ar em relação à pressão atmosférica. Havendo, por exemplo, um sifão ou ralo sifonado desaguardo em ramal de esgoto ligado nesta região do tubo de queda, a pressão positiva do ar a montante do sifão acaba sendo aliviada para dentro do ambiente sanitário correspondente. Isto provoca o rompimento do respectivo fecho hídrico se a sua intensidade é para tanto suficiente (Figura B.3).

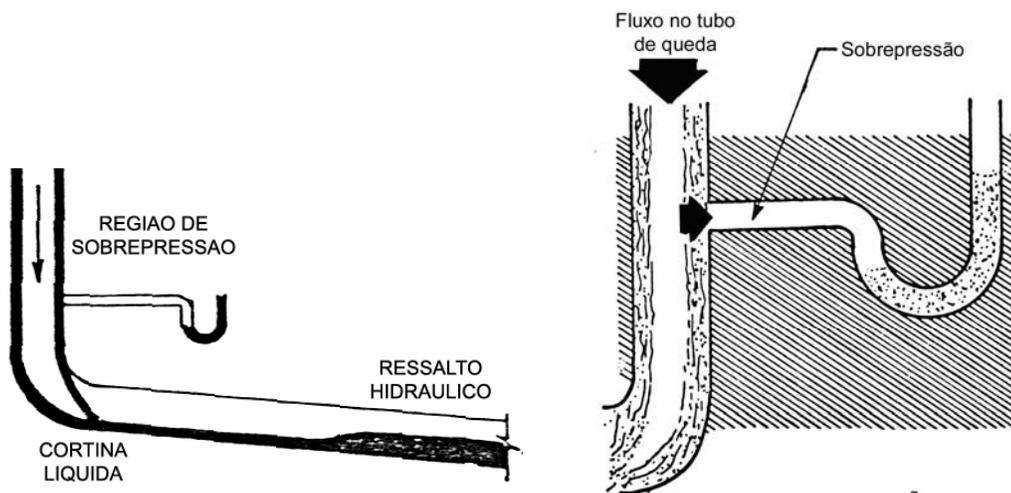


Figura B.3 – Fenômeno da sobrepressão (Fonte: GRAÇA, 1985)

A consequência é a expulsão de parte da água do fecho hídrico para montante do sifão, o refluxo de esgoto, acompanhado de borbulhamento de ar e gases fétidos de esgoto, cuja passagem pelo fecho hídrico causa incômodo ruído característico. Este fenômeno, verificado em um dos edifícios alvo de estudo exploratório, é conhecido como ação sifônica de sobrepressão ou simplesmente sobrepressão.

Ainda com relação a esses edifícios objeto dos estudos exploratórios, malgrado tenham sido realizados testes locais de funcionamento de bombas centrífugas, em nenhum deles houve necessidade de serem retirados componentes para ensaios, como, por exemplo, remoção de hidrômetros e válvulas redutoras de pressão para posterior inspeção e aferição em bancada de testes.

No caso de um dos dois edifícios em que o método de Lichtenstein (1985) foi aplicado em caráter exploratório, constatou-se a existência de pares galvânicos entre conexões de ferro fundido maleável galvanizado e válvulas de bronze (contendo cobre na composição) da central redutora de pressão, mostrados na Figura B.4.



Figura B.4 – Existência de pares galvânicos entre conexões de ferro fundido maleável galvanizado e válvulas de bronze na central redutora de pressão (Fonte: Edifício EE1 – Curitiba, PR)

O contato direto de metais com diferença de potencial eletroquímico (potencial de eletrodo), em presença de água, que neste atua caso como eletrólito, determina lenta e inexorável reação de óxido-redução eletrolítica, conhecida como corrosão galvânica. Neste caso, com o decorrer do tempo, o ferro passa a sofrer oxidação por ser metal menos nobre do que o cobre na escala de potenciais eletroquímicos.

Apesar dos sintomas visíveis desta corrosão ainda não estarem presentes à época da vistoria, conforme pode ser notado nas fotos da figura B.4, o respectivo laudo não pôde se furtar a antecipar as futuras manifestações deste fenômeno em curso. Ele alertou para a necessidade de uma intervenção preventiva, providência metodologicamente não contemplada no método original de Lichtenstein (1985), mais voltado para problemas manifestos.

**APÊNDICE C: Tabulação de dados relevantes dos questionários por aparelho sanitário e ambiente sanitário**

EDIFÍCIO ED9 / 2001		SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS	
RECINTO	PEÇA / LOCAL	RECLAMAÇÃO / CONSTATAÇÃO	PAV <sup>OS</sup>
BWC CASAL	Lavatórios	Esgotam lentamente/"borbulham"	15 / 10
	Caixa acoplada	Descarga "muito fraca" e lenta	16 / 10 / 03
	Box de banho	Mau cheiro forte	03
		Refluxos no ralo	01
		Ducha oscila fervente x gelado	09 / 03
BWC 2ª. SUITE DE FUNDOS	Box dormitório casal	Forte ruído da prumada de esgoto	15 / 09 / 06
	Ralo do box	Mau cheiro forte e constante	18 / 09
	Caixa acoplada	Descarga "muito fraca" e lenta	16 / 10 / 03
BWC 1ª. SUITE DE FUNDOS	Lavatório	Entope fácil / escoa lentamente	06
	Ralo do box	Mau cheiro forte e constante	18
	Caixa acoplada	Descarga "muito fraca" e lenta	16 / 12
		Água escorre na bacia (veda mal)	11
	Bacia sanitária	Entope fácil	06
BWC SERVIÇO	Lavatório	Escoa muito lentamente	12
LAVANDERIA	Ralo ar condicionado	Mau cheiro constante	01
COZINHA	Pias	Mau cheiro constante	20
LAVABO	Ambiente	Mau cheiro constante	08
SACADA FRONTAL	Ralos de AP	Refluxo sob chuvas abundantes	03
		Mau cheiro constante	01
SACADA DA CHURRASQUEIRA (SÓ 1º ANDAR)	Ralos de AP	Mau cheiro constante	01
SACADA CURVA (SÓ 1º ANDAR)	Ralos de AP	Mau cheiro constante	01

## APÊNDICE D: Mapeamento de dados relevantes dos questionários

EDIFÍCIO EC 11 / 2003		SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS E SANITÁRIOS												
CONVENÇÕES DO MAPEAMENTO														
LEL - Lavatório esgota lentamente														
OFA - Odor fétido no ambiente														
OFB - Odor fétido do box														
OFR - Odor fétido do ralo														
RFR - Refluxo de ralo de piso														
PAVº	APTO. ÍMPAR – FINAL 1							APTO. PAR – FINAL 2						
	LAVABO	SACADA QTO. CASAL	SACADA SUÍTE JR.	BWC SUITE CASAL	BWC SUITE JÚNIOR	COZINHA	LAVANDERIA	LAVABO	SACADA QTO. CASAL	SACADA SUÍTE JR.	BWC SUITE CASAL	BWC SUITE JÚNIOR	COZINHA	LAVANDERIA
11														
10														
09												OFA		OFR
08				LEL	LEL					LEL				OFA
07														
06	OFA				OFB		OFA							OFR
05														
04	OFA				OFB							OFA	OFA	
03													OFA	
02							OFR RFR						OFA	OFR RFR
01		RFR		RFR					RFR					OFR
Obs:	Os apartamentos 502, 702, 901 e 1001 não devolveram os questionários padronizados													

**APÊNDICE E: Esboço de banco de dados de anomalias e não conformidades para montagem de lista de verificação (check list)**

INSPEÇÃO PREDIAL – Edifício:		Data: ___ / ___ / ___
Item	ÁGUA FRIA: Anomalia ou não conformidade	local
<input type="checkbox"/> 1	Irregularidades nas tampas de acesso às câmaras do reservatório elevado	reservat. elevado
<input type="checkbox"/> 2	Existência de apenas uma câmara no reservatório elevado	reservat. elevado
<input type="checkbox"/> 3	Chave de bóia de nível mínimo do reservatório elevado coincidente com a cota da reserva técnica de incêndio	reservat. elevado
<input type="checkbox"/> 4	Ausência de tela protetora na saída da tubulação de extravasão do reservatório elevado	reservat. elevado
<input type="checkbox"/> 5	Folga na fixação da tela protetora na saída da tubulação de extravasão do reservatório elevado	reservat. elevado
<input type="checkbox"/> 6	Ausência de tubulação de aviso de extravasão no reservatório elevado	reservat. elevado
<input type="checkbox"/> 7	Despejo da tubulação de limpeza do reservatório elevado diretamente dentro de tubo ventilador primário de esgoto	reservat. elevado
<input type="checkbox"/> 8	Despejo da tubulação de limpeza do reservatório elevado diretamente dentro de condutor vertical de águas pluviais	reservat. elevado
<input type="checkbox"/> 9	Despejo da tubulação de extravasão e limpeza do reservatório elevado diretamente dentro de condutor vertical de águas pluviais sem separação atmosférica ou dispositivo anti-refluxo	reservat. elevado
<input type="checkbox"/> 10	Tubulação de aviso de extravasão do reservatório elevado desaguando em local inadequado	reservat. elevado
<input type="checkbox"/> 11	Tubulação de aviso de extravasão do reservatório elevado subdimensionada	reservat. elevado
<input type="checkbox"/> 12	Ausência de tubo-sifão (pescador) para tomada de água ao fundo do reservatório elevado	reservat. elevado
<input type="checkbox"/> 13	Tubo-sifão (pescador) para tomada de água ao fundo do reservatório elevado executado em aço carbono galvanizado sujeito à corrosão	reservat. elevado
<input type="checkbox"/> 14	Extremidades de tubos-respiro abertos à atmosfera desprovidos de telas de proteção	reservat. elevado
<input type="checkbox"/> 15	Ambas as câmaras do reservatório elevado operando como vasos comunicantes devido à adução para apenas uma câmara	reservat. elevado
<input type="checkbox"/> 16	Ausência de tubulação exclusiva para alimentação de aquecedores de água dos apartamentos	barrilete elevado
<input type="checkbox"/> 17	Ausência de ralo de segurança com aviso de vazamento no piso do barrilete elevado	barrilete elevado
<input type="checkbox"/> 18	Inexistência de registros de passagem individuais para as colunas de distribuição de água fria no barrilete elevado	barrilete elevado

<input type="checkbox"/> 19	Ausência de registros de fechamento na tubulação de recalque de água potável ao nível do barrilete	barrilete elevado
<input type="checkbox"/> 20	Ausência de rede de tubulações exclusivas para alimentação de água fria para bacias sanitárias	barrilete elevado
<input type="checkbox"/> 21	Ausência de tubos de ventilação anti-refluxo em colunas de distribuição de água fria para alimentação de válvulas de descarga de bacias sanitárias	barrilete elevado
<input type="checkbox"/> 22	Ausência de tubos de ventilação anti-refluxo em colunas de distribuição de água fria a montante dos respectivos registros de fechamento	barrilete elevado
<input type="checkbox"/> 23	Tubos de ventilação de colunas de distribuição de água fria subdimensionados	barrilete elevado
<input type="checkbox"/> 24	Existência de tubo de ventilação anti-refluxo único para as colunas de distribuição de água fria instalado a montante dos respectivos registros de fechamento no barrilete	barrilete elevado
<input type="checkbox"/> 25	Existência de uma única bomba pressurizadora do apartamento de cobertura	barrilete elevado
<input type="checkbox"/> 26	Tubulação de distribuição de água fria do barrilete elevado formando sifão desprovido de tubo respiro ou dispositivo eliminador de ar	barrilete elevado
<input type="checkbox"/> 27	Adoção de tubos e conexões de PVC rígido marrom soldável no barrilete de colunas de distribuição que abastecem aquecedores de água dos apartamentos	barrilete elevado
<input type="checkbox"/> 28	Ausência de válvulas de retenção a jusante de bombas pressurizadoras	barrilete elevado
<input type="checkbox"/> 29	Tubulação de extravasão e limpeza do reservatório elevado subdimensionada	barrilete elevado
<input type="checkbox"/> 30	Ausência de sifão térmico na tubulação de alimentação de água fria a montante dos aquecedores com tanque de acumulação	barrilete elevado prumadas
<input type="checkbox"/> 31	Ausência de tubo-respiro ou eliminador mecânico de ar no sifão térmico da tubulação de alimentação de água fria a montante dos aquecedores com tanque de acumulação	barrilete elevado prumadas
<input type="checkbox"/> 32	Adoção de tubos e conexões de PVC rígido marrom soldável em tubulações que abastecem bacias sanitárias com válvulas de descarga (válvulas fluxíveis)	barrilete elevado prumadas
<input type="checkbox"/> 33	Emprego de tubos e conexões de PVC rígido marrom soldável em tubulações que abastecem aquecedores de água dos apartamentos	barrilete elevado prumadas
<input type="checkbox"/> 34	Adoção de tubos e conexões de PVC rígido marrom em toda a tubulação de alimentação da central redutora de pressão	barrilete elevado prumadas
<input type="checkbox"/> 35	Tubulações de água fria instaladas no mesmo ambiente da casa de máquinas de elevadores	casa de máquinas
<input type="checkbox"/> 36	Extremidades de tubos respiro de colunas de distribuição de água fria em locais inadequados	cobertura
<input type="checkbox"/> 37	Vazamentos freqüentes, aleatórios e repetitivos, de tubulações de água fria	geral

<input type="checkbox"/> 38	Vazamentos frequentes em tubulações de distribuição de água fria de PVC marrom	geral
<input type="checkbox"/> 39	Corrosão e vazamentos frequentes nas tubulações de água fria de aço galvanizado	geral
<input type="checkbox"/> 40	Tubulações plásticas expostas ao tempo	geral
<input type="checkbox"/> 41	Consumo excessivo de água no edifício	geral
<input type="checkbox"/> 42	Ausência de tubos respiro ou dispositivos eliminadores de ar adequados nas extremidades superiores de colunas ascendentes de distribuição de água fria que partem da central redutora de pressão	geral prumadas
<input type="checkbox"/> 43	Extremidades superiores de tubos respiro de colunas ascendentes de distribuição de água fria que partem da central redutora de pressão terminando em cota abaixo do máximo nível d'água do reservatório elevado	geral prumadas
<input type="checkbox"/> 44	Corrosão em tubulações de água fria de aço galvanizado	tipo
<input type="checkbox"/> 45	Ausência de trechos de tubulações de água fria resistentes a água quente a montante de misturadores	tipo
<input type="checkbox"/> 46	Previsão de câmara de eliminação manual de ar do interior de ramal de alimentação de água fria	tipo
<input type="checkbox"/> 47	Ramais de distribuição de água fria formando sifões, com possibilidade de segregação de ar em seu interior, desprovidos de tubos respiro ou dispositivos eliminadores de ar	tipo
<input type="checkbox"/> 48	Ausência de tubulação de drenagem em dispositivos eliminadores de ar	tipo
<input type="checkbox"/> 49	Dificuldades de acionamento, vazamentos imperceptíveis e desperdícios em válvulas de descarga de bacias sanitárias	tipo
<input type="checkbox"/> 50	Ocorrência de golpes de aríete na operação de válvulas de descarga de bacias sanitárias	tipo
<input type="checkbox"/> 51	Ausência de registros de fechamento nas derivações de ramais de distribuição de água fria para aquecedores dos apartamentos	tipo
<input type="checkbox"/> 52	Ausência de registros de fechamento nas derivações de ramais de distribuição de água fria para os ambientes sanitários	tipo
<input type="checkbox"/> 53	Ausência de registros de fechamento nas derivações de ramais de distribuição de água fria para válvulas de descarga de bacias sanitárias	tipo
<input type="checkbox"/> 54	Hidrômetros individuais de água fria superdimensionados	tipo
<input type="checkbox"/> 55	Distorções nas leituras dos medidores individuais de água dos apartamentos	tipo
<input type="checkbox"/> 56	Hidrômetros individuais de água fria instalados com inclinação axial	tipo
<input type="checkbox"/> 57	Ausência de registro de fechamento a jusante de hidrômetro individual de água fria	tipo
<input type="checkbox"/> 58	Ausência de sobrealtura de ramal em relação a coluna de distribuição de água fria	tipo

<input type="checkbox"/> 59	Ausência de sobrealtura de sub-ramal em relação a ramal de distribuição de água fria	tipo
<input type="checkbox"/> 60	Vibração e ruído excessivo durante a operação de bomba de circulação de banheira com hidromassagem	tipo
<input type="checkbox"/> 61	Adoção de tubulação de PVC branco ponta e bolsa linha sanitária para circuito de recirculação da piscina	térreo
<input type="checkbox"/> 62	Ausência de coluna piezométrica com dispositivo quebra vácuo no ramal predial de água potável do edifício	térreo
<input type="checkbox"/> 63	Previsão de coluna piezométrica de quebra pressão no alimentador predial do edifício	térreo
<input type="checkbox"/> 64	Tubulações de alimentação de piscina/espelho d'água/cascata/chafariz desprovidas de dispositivo anti-refluxo adequado	térreo
<input type="checkbox"/> 65	Tubulações de alimentação de redes de irrigação de jardim desprovidas de dispositivo anti-refluxo adequado	térreo
<input type="checkbox"/> 66	Ausência de coadeira na piscina descoberta do térreo	térreo
<input type="checkbox"/> 67	Dispositivos de aspiração e retorno da piscina dispostos lado a lado, em curto circuito hidráulico, dificultando a renovação de água no tanque	cobertura térreo
<input type="checkbox"/> 68	Tubulações de alimentação de torneiras de lavagem/jardim desprovidas de dispositivo anti-refluxo adequado	térreo subsolo
<input type="checkbox"/> 69	Inexistência de registros de fechamento individuais para as colunas de distribuição de água fria no barrilete inferior a partir da central redutora de pressão	CRP subsolo
<input type="checkbox"/> 70	Obsolescência das válvulas redutoras de pressão	CRP subsolo
<input type="checkbox"/> 71	Operação simultânea das válvulas redutoras de pressão de água fria da mesma central redutora de pressão	CRP subsolo
<input type="checkbox"/> 72	Ausência de meios para drenagem da central redutora de pressão	CRP subsolo
<input type="checkbox"/> 73	Irregularidades na central redutora de pressão	CRP subsolo
<input type="checkbox"/> 74	Central redutora de pressão com uma única válvula redutora e <i>by pass</i> dotado de registro de fechamento tipo gaveta ou esfera	CRP subsolo
<input type="checkbox"/> 75	Central redutora de pressão com duas válvulas redutoras em paralelo e <i>by pass</i> dotado de registro de fechamento tipo gaveta ou esfera	CRP subsolo
<input type="checkbox"/> 76	Ausência de uniões para permitir a remoção das válvulas redutoras de pressão para manutenção	CRP subsolo
<input type="checkbox"/> 77	Existência de filtro Y comum a ambas as válvulas redutoras na central redutora de pressão	CRP subsolo
<input type="checkbox"/> 78	Filtro Y instalado invertido em relação ao sentido de fluxo	CRP subsolo
<input type="checkbox"/> 79	Filtro Y instalado com bujão de limpeza em local inacessível para manutenção do elemento filtrante	CRP subsolo

<input type="checkbox"/> 80	Excesso de pressão dinâmica atuante nos pontos de utilização de água fria em andares de zona de pressão reduzida	CRP subsolo
<input type="checkbox"/> 81	Risco de flutuações de pressão decorrente da adoção de faixas de distribuição de água fria com pressão reduzida a partir de válvulas redutoras de pressão instaladas em série	CRP subsolo
<input type="checkbox"/> 82	Ausência de filtros Y a montante das válvulas redutoras de pressão	CRP subsolo
<input type="checkbox"/> 83	Saída de drenagem da válvulas redutoras de pressão tipo pistão e orifício obstruída	CRP subsolo
<input type="checkbox"/> 84	Ausência de registros de fechamento a montante de filtros Y das válvulas redutoras de pressão para possibilitar remoção dos elementos filtrantes	CRP subsolo
<input type="checkbox"/> 85	Tubulação de saída para drenagem da central redutora de pressão subdimensionada	CRP subsolo
<input type="checkbox"/> 86	Inexistência de manômetros na central redutora de pressão impossibilitando regulagem da pressão de saída	CRP subsolo
<input type="checkbox"/> 87	Ausência de amortecedores de vibração nas bases de apoio e/ou saídas das bombas de recalque de água potável	casa de bombas
<input type="checkbox"/> 88	Ausência de registros de fechamento nas saídas das bombas de recalque de água potável	casa de bombas
<input type="checkbox"/> 89	Ausência de bases elevadas sob as bombas de recalque de água potável	casa de bombas
<input type="checkbox"/> 90	Existência de válvula de retenção comum a ambas as saídas das bombas de recalque de água potável	casa de bombas
<input type="checkbox"/> 91	Ausência de dispositivo de prevenção ao refluxo na alimentação de água potável do ponto de suprimento da cisterna ou separação atmosférica adequada com o extravasor	casa de bombas
<input type="checkbox"/> 92	Adoção de tubos e conexões de PVC rígido marrom soldável na linha de recalque de água potável	casa de bombas
<input type="checkbox"/> 93	Adoção de tubos e conexões de PVC rígido rosqueável branco na linha de recalque de água potável	casa de bombas
<input type="checkbox"/> 94	Registros de fechamento instalados a montante de válvulas de retenção nas saídas das bombas de recalque de água potável	casa de bombas
<input type="checkbox"/> 95	Válvulas de retenção verticais instaladas em posição horizontal nas saídas das bombas de água potável	casa de bombas
<input type="checkbox"/> 96	Emprego de válvula de alívio como dispositivo antigolpe de aríete a jusante de bombas de recalque de água fria	casa de bombas
<input type="checkbox"/> 97	Ausência de dispositivo antigolpe de aríete a jusante de bombas de recalque de água fria	casa de bombas
<input type="checkbox"/> 98	Tubulação de sucção das bombas de recalque de água potável subdimensionada	casa de bombas
<input type="checkbox"/> 99	Ausência de tubulação de aviso de extravasão da cisterna	reservat. inferior
<input type="checkbox"/> 100	Folga na fixação da tela protetora na saída da tubulação de extravasão da cisterna	reservat. Inferior

<input type="checkbox"/> 101	Ausência de registros de fechamento a montante das torneiras de bóia da cisterna	reservat. inferior
<input type="checkbox"/> 102	Tampas das aberturas de acesso às câmaras da cisterna instaladas sem estanqueidade adequada	reservat. inferior
<input type="checkbox"/> 103	Ausência de grelha ou ralo sob a projeção da extremidade de tubo de saída de limpeza da cisterna	reservat. inferior
<input type="checkbox"/> 104	Ausência de grelha ou ralo sob a projeção da extremidade do extravasor da cisterna	reservat. inferior
<input type="checkbox"/> 105	Adoção de cisterna com câmara única	reservat. inferior
<input type="checkbox"/> 106	Ausência ou insuficiência de folga mínima das paredes laterais da cisterna com a cortina do subsolo	reservat. inferior
<input type="checkbox"/> 107	Ausência ou insuficiência de folga mínima da cisterna com o piso do subsolo do edifício	reservat. inferior
<input type="checkbox"/> 108	Ausência ou insuficiência de folga mínima das paredes laterais da cisterna com a cortina e da laje de fundo com o piso do subsolo	reservat. inferior
<input type="checkbox"/> 109	Inexistência de saída de limpeza da cisterna	reservat. inferior
<input type="checkbox"/> 110	Ausência de saída de limpeza por gravidade na cisterna	reservat. inferior
<input type="checkbox"/> 111	Ausência de registro de fechamento na tubulação de recalque para permitir esgotamento da cisterna pelas bombas de recalque	reservat. inferior
<input type="checkbox"/> 112	Ausência de poços de sucção para tomada d'água na cisterna	reservat. inferior
<input type="checkbox"/> 113	Ausência de telas protetoras nos tubos de extravasão da cisterna	reservat. inferior
<input type="checkbox"/> 114	Ambas as câmaras da cisterna operando como vasos comunicantes devido à ausência de torneira de bóia numa das câmaras	reservat. inferior
<input type="checkbox"/> 115	Ruído excessivo durante o fechamento das torneiras de bóia da cisterna	reservat. inferior
<input type="checkbox"/> 116	Existência de eletrodutos ou tubulações de esgoto ou águas pluviais correndo dentro da cisterna	reservat. inferior
<input type="checkbox"/> 117	Torneira de bóia e tomada d'água de sucção das bombas instaladas na mesma extremidade da cisterna alongada dificultando a renovação da água	reservat. inferior

INSPEÇÃO PREDIAL – Edifício:		Data: ___ / ___ / ___
Item	ÁGUA QUENTE: Anomalia ou não conformidade	local
<input type="checkbox"/> 1	Extremidades de tubos-respiro plugadas com tampões	reservat. elevado
<input type="checkbox"/> 2	Adoção de tubo-respiro em colo alto de sifão formado por linha de recirculação de água quente	barrilete elevado
<input type="checkbox"/> 3	Falha na camada de isolamento térmico do reservatório de acumulação de água quente	casa técnica
<input type="checkbox"/> 2	Presença de termostato único com diferencial fixo sem possibilidade de regulação adequada da operação das bombas de circulação de água quente	casa técnica
<input type="checkbox"/> 3	Existência de tubo-respiro em tubulação de sucção das bombas de circulação de água quente	casa técnica
<input type="checkbox"/> 4	Conformação de sifão e ausência de tubo-respiro ou dispositivo eliminador de ar na tubulação de distribuição de água quente a jusante do aquecimento central	casa técnica
<input type="checkbox"/> 5	Ausência de válvulas para balanceamento de vazões de retorno de água quente nas entradas do barrilete de sucção das bombas de circulação de água quente	casa técnica
<input type="checkbox"/> 6	Existência de válvulas e retenção verticais instaladas em posição horizontal nas saídas das bombas de circulação de água quente	casa técnica
<input type="checkbox"/> 7	Ausência de tubulação de saída para dreno dos aquecedores com tanque de acumulação	c. técnica tipo
<input type="checkbox"/> 8	Válvulas de segurança dos aquecedores com tanque de acumulação com extremidade de saída não tubulada (aberta)	c. técnica tipo
<input type="checkbox"/> 9	Inexistência de válvulas de segurança à pressão em aquecedores com tanque de acumulação	c. técnica tipo
<input type="checkbox"/> 10	Ausência de válvulas de retenção nas saídas de bombas de circulação de água quente	casa técnica
<input type="checkbox"/> 11	Bombas de circulação de água quente com carcaça e rotor de ferro fundido	casa técnica
<input type="checkbox"/> 12	Registros de fechamento instalados a montante das válvulas de retenção nas saídas de bombas de circulação de água quente	casa técnica
<input type="checkbox"/> 13	Existência de válvula de retenção horizontal comum a ambas as saídas das bombas de circulação de água quente	casa técnica
<input type="checkbox"/> 14	Ausência de registros de bloqueio nas saídas das bombas de água quente	casa técnica
<input type="checkbox"/> 15	Ausência de amortecedores de vibração nas extremidades das bombas de circulação de água quente	casa técnica
<input type="checkbox"/> 16	Ausência de termômetros junto a termostatos de acionamento de bombas de circulação de água quente	c. técnica prumadas
<input type="checkbox"/> 17	Ausência de registro de fechamento no ramal de saída de água quente a jusante dos aquecedores	c. técnica tipo
<input type="checkbox"/> 18	Ausência de isolamento térmico nas tubulações de saída de água quente dos aquecedores com tanque de acumulação	c. técnica tipo

<input type="checkbox"/> 19	Ausência de grelha ou ralo de piso sob os tubos de saída de drenagem de tanques de acumulação de água quente	casa técnica tipo
<input type="checkbox"/> 20	Liras de dilatação com dimensões insuficientes para absorver movimentações térmicas das tubulações de água quente	barrilete prumadas
<input type="checkbox"/> 21	Extensão insuficiente do braço de flexão em derivações das colunas de distribuição de água quente nos andares	prumadas
<input type="checkbox"/> 22	Distorções de leituras de consumo de água quente dos apartamentos conseqüentes de assimetrias nos circuitos com hidrômetros coletivos das linhas de retorno	prumadas
<input type="checkbox"/> 23	Ausência de dispositivo eliminador de ar (válvula deaeradora ou ventosa) prevista em projeto	geral
<input type="checkbox"/> 24	Ramais de distribuição de água quente correndo embutidas dentro do contrapiso das lajes dos apartamentos residenciais	tipo
<input type="checkbox"/> 25	Ausência de registros de fechamento no ramal de saída de água quente a montante e jusante dos hidrômetros de saída das tubulações de retorno	tipo
<input type="checkbox"/> 26	Ausência ou falha de aplicação de isolamento térmico nas tubulações de água quente	tipo
<input type="checkbox"/> 27	Hidrômetros individuais de água quente instalados com inclinação axial	tipo
<input type="checkbox"/> 28	Existência de duchas manuais com gatilho em misturadores de água fria/quente desprovidos de dispositivos anti-retorno	tipo
<input type="checkbox"/> 29	Operação simultânea de ambas as válvulas redutoras de pressão de água quente	CRP tipo subsolo
<input type="checkbox"/> 30	Ausência de válvula de segurança à temperatura a jusante dos aquecedores com rede de distribuição de água quente executada com tubos plásticos	tipo
<input type="checkbox"/> 31	Presença de água ferruginosa na utilização de aparelhos sanitários providos com água quente	tipo
<input type="checkbox"/> 32	Hidrômetros individuais de água quente superdimensionados	tipo
<input type="checkbox"/> 33	Conformação de sifão e ausência de tubo-respiro ou dispositivo eliminador de ar no ramal de distribuição de água quente dos apartamentos	tipo
<input type="checkbox"/> 34	Ausência de registros de fechamento nas derivações dos ramais de distribuição de água quente dos ambientes sanitários dos apartamentos	tipo
<input type="checkbox"/> 35	Ausência de válvulas de retenção junto aos hidrômetros individuais de água quente previstas em projeto	tipo
<input type="checkbox"/> 36	Ausência de torneiras de saída para dreno dos aquecedores de acumulação	tipo
<input type="checkbox"/> 37	Inexistência de sobrealtura em ramais de distribuição de água quente	tipo
<input type="checkbox"/> 38	Existência de filtro Y comum a ambas as válvulas redutoras de pressão de água quente	CRP tipo subsolo

INSPEÇÃO PREDIAL – Edifício:		Data: ___ / ___ / ___
Item	<b>GÁS COMBUSTÍVEL:</b> Anomalia ou não conformidade	local
<input type="checkbox"/> 1	Ausência de aberturas de ventilação permanente para renovação de ar ambiente dentro da casa técnica	casa técnica
<input type="checkbox"/> 2	Terminais de exaustão das chaminés de aquecedores de água a gás instalados em região sujeita a efeitos de vento	terminais
<input type="checkbox"/> 3	Irregularidades na instalação de terminais de exaustão das chaminés dos aquecedores de água a gás	terminais
<input type="checkbox"/> 4	Terminais de exaustão das chaminés de aquecedores de água a gás com tiragem natural instalados rentes à face externa da parede lateral do edifício	terminais
<input type="checkbox"/> 5	Terminais de exaustão das chaminés de aquecedores de água a gás com tiragem natural instalados recuados em relação à face externa da parede lateral do edifício	terminais
<input type="checkbox"/> 6	Terminais de exaustão das chaminés de aquecedores de água a gás com tiragem natural instalados em posição horizontal	terminais
<input type="checkbox"/> 7	Terminais de exaustão das chaminés de aquecedores de água a gás instalados muito próximos a outra tubulação	terminais
<input type="checkbox"/> 8	Terminais de exaustão das chaminés de aquecedores de água a gás instalados muito próximos ou sob a projeção de aberturas de janelas de ambientes de permanência prolongada	terminais
<input type="checkbox"/> 9	Terminais de exaustão das chaminés de aquecedores de água a gás com tiragem natural com dimensões insuficientes (subdimensionados)	terminais
<input type="checkbox"/> 10	Ausência de terminais de exaustão adequados nas extremidades de chaminés de aquecedores de água a gás com tiragem natural	terminais
<input type="checkbox"/> 11	Terminais de exaustão das chaminés de aquecedores de água a gás instalados muito próximos de outra parede ou obstáculo externo	terminais
<input type="checkbox"/> 12	Existência de terminal de exaustão de chaminé de aquecedor de água a gás instalado excessivamente próximo ao fundo de beiral de telhado, balcão ou sacada	terminais
<input type="checkbox"/> 13	Terminais de exaustão das chaminés de aquecedores de água a gás instalados muito próximos ou sob a projeção de aberturas de tomadas de ar condicionado	terminais
<input type="checkbox"/> 14	Terminal de chaminé vertical de aquecedor de água a gás instalado muito próximo do telhado	terminais
<input type="checkbox"/> 15	Terminais de exaustão das chaminés dos aquecedores de água a gás com tiragem natural apresentando formato inadequado	terminais
<input type="checkbox"/> 16	Extensão excessiva do trecho horizontal das chaminés dos aquecedores de água a gás com tiragem natural	chaminé
<input type="checkbox"/> 17	Trecho horizontal das chaminés dos aquecedores de água a gás instalados sem declividade mínima suficiente	chaminé
<input type="checkbox"/> 18	Existência de terminal de exaustão de chaminé comum a dutos de exaustão de dois aquecedores de água a gás com saída para o exterior da edificação	chaminé
<input type="checkbox"/> 19	Irregularidades na instalação de chaminés de exaustão de aquecedores de água a gás com tiragem natural	chaminé

<input type="checkbox"/> 20	Extensão insuficiente do trecho vertical das chaminés dos aquecedores de água a gás com tiragem natural	chaminé
<input type="checkbox"/> 21	Existência de aquecedor de água a gás com saída para duto de exaustão desprovido de chaminé individual	chaminé
<input type="checkbox"/> 22	Ausência de aberturas superiores de ventilação permanente nas áreas de serviço dos apartamentos para combustão aberta de aquecedores de água a gás	tipo ambiente
<input type="checkbox"/> 23	Insuficiência de área das aberturas superiores de ventilação permanente nas áreas de serviço dos apartamentos para combustão aberta de aquecedores	tipo ambiente
<input type="checkbox"/> 24	Ausência de aberturas inferiores de ventilação permanente nas áreas de serviço dos apartamentos para combustão aberta de aquecedores de água a gás	tipo ambiente
<input type="checkbox"/> 25	Insuficiência de área das aberturas inferiores de ventilação permanente nas áreas de serviço dos apartamentos para combustão aberta de aquecedores	tipo ambiente
<input type="checkbox"/> 26	Insuficiência de espessuras de frestas das aberturas superiores de ventilação permanente nas áreas de serviço dos apartamentos para combustão aberta de aquecedores de água a gás	tipo ambiente
<input type="checkbox"/> 27	Ausência de aberturas de ventilação permanente nas cozinhas dos apartamentos para combustão aberta de equipamentos a gás	tipo ambiente
<input type="checkbox"/> 28	Insuficiência de área de aberturas de ventilação permanente nas cozinhas dos apartamentos para combustão aberta de equipamentos a gás	tipo ambiente
<input type="checkbox"/> 29	Insuficiência de espessuras de frestas das aberturas de ventilação permanente nas cozinhas dos apartamentos para combustão aberta de aparelhos a gás	tipo ambiente
<input type="checkbox"/> 30	Insuficiência de espessuras de frestas das aberturas inferiores de ventilação permanente nas áreas de serviço dos apartamentos para combustão aberta de aquecedores de água a gás	tipo ambiente
<input type="checkbox"/> 31	Irregularidades na instalação de aquecedor de água a gás de circuito aberto dentro de banheiro	tipo ambiente
<input type="checkbox"/> 32	Tubulação de distribuição de gás combustível correndo dentro de espaço confinado (vazio construtivo) desprovido de ventilação permanente	prumadas
<input type="checkbox"/> 33	Portas dos abrigos de medidores de gás dos halls dos andares sem vedação adequada	prumadas
<input type="checkbox"/> 34	Ausência de duto coletivo de ventilação permanente para os abrigos de medidores de gás situados nos halls dos andares	prumada
<input type="checkbox"/> 35	Posição irregular da abertura do duto de ventilação coletivo dos abrigos de medidores de gás nos halls dos andares	prumada
<input type="checkbox"/> 36	Ramais secundários de gás executados em aço preto embutidos dentro do enchimento de contrapiso das lajes dos apartamentos	tipo
<input type="checkbox"/> 37	Ausência de válvula de bloqueio em ponto de utilização de gás combustível	tipo
<input type="checkbox"/> 38	Ausência de dispositivos de segurança à sobrepressão a jusante de reguladores de pressão de gás	tipo central GLP
<input type="checkbox"/> 39	Ausência de aberturas laterais na central de gás liquefeito de petróleo (GLP)	central GLP

<input type="checkbox"/> 40	Insuficiência de área nas aberturas laterais da central de recipientes de gás liquefeito de petróleo (GLP)	central GLP
<input type="checkbox"/> 41	Ausência de pingadeira na borda inferior da laje de cobertura da central de gás	central GLP
<input type="checkbox"/> 42	Ausência de ressalto interno na base da central de gás	central GLP
<input type="checkbox"/> 43	Ausência de registro geral de bloqueio a jusante de regulador na saída da central de gás	central GLP
<input type="checkbox"/> 44	Ausência de aclave em trechos horizontais para escoamento de condensado em tubulação de distribuição de gás GLP	térreo
<input type="checkbox"/> 45	Trecho horizontal de tubulação de distribuição de gás com caimento em direção oposta ao bujão coletor de condensado	térreo
<input type="checkbox"/> 46	Ausência de bujões coletores de condensado a jusante de medidores de gás GLP	térreo
<input type="checkbox"/> 47	Desvios de prumadas de distribuição de gás embutidos dentro de forro falso desprovidos de tubo-luva ventilados nas extremidades	térreo
<input type="checkbox"/> 48	Existência de registro de bloqueio de gás no teto do subsolo acessível a manipulação indevida	subsolo
<input type="checkbox"/> 49	Posicionamento irregular de regulador de pressão de gás no teto do subsolo	subsolo

INSPEÇÃO PREDIAL – Edifício:		Data: ___ / ___ / ___
Item	<b>INCÊNDIO:</b> Extintores e hidrantes: Anomalia ou não conformidade	local
<input type="checkbox"/> 1	Insuficiência de extintores e ausência de abrigo ou cobertura de proteção contra intempéries para os extintores externos que protegem a central de gás	central GLP
<input type="checkbox"/> 2	Obsolescência da rede de combate a incêndio por hidrantes	geral
<input type="checkbox"/> 3	Ausência de chaves de engate rápido tipo <i>Storz</i> no interior de abrigos de hidrantes de incêndio	geral
<input type="checkbox"/> 4	Ausência de seta com indicação “saída” em ponto de iluminação de emergência na escada de incêndio ao nível do pavimento térreo	térreo
<input type="checkbox"/> 5	Ausência de mangueira de incêndio em abrigo de hidrante	geral
<input type="checkbox"/> 6	Ausência de extintor de incêndio dentro da casa técnica de aquecedores	barrilete /térreo

INSPEÇÃO PREDIAL – Edifício:		Data: ___ / ___ / ___
Item	ESGOTO: Anomalia ou não conformidade	local
<input type="checkbox"/> 1	Ausência de terminais de ventilação em extremidades de tubos ventiladores primários e colunas de ventilação secundária	cobertura
<input type="checkbox"/> 2	Obstrução da extremidade de tubo ventilador primário/coluna de ventilação secundária	cobertura
<input type="checkbox"/> 3	Extremidades de colunas de ventilação secundária e de tubos ventiladores primários em locais na cobertura sujeitos a efeitos da incidência de ventos fortes	cobertura
<input type="checkbox"/> 4	Barrilete de ventilação secundária na cobertura com diâmetro inferior ao necessário (subdimensionado)	cobertura
<input type="checkbox"/> 5	Interligação de início de coluna de ventilação secundária em tubo ventilador primário em cota abaixo da requerida	cobertura
<input type="checkbox"/> 6	Existência de tubo de queda desprovido de tubo ventilador primário	cobertura prumadas
<input type="checkbox"/> 7	Ausência de tubulação de ventilação de alívio	prumadas
<input type="checkbox"/> 8	Tubulação de ventilação de alívio instalada em posição inadequada (andar errado)	prumadas
<input type="checkbox"/> 9	Ausência de colunas de ventilação secundária em cozinhas e lavanderias dos apartamentos	prumadas
<input type="checkbox"/> 10	Ausência de colunas de ventilação secundária em cozinhas, lavanderias e pias de churrasqueiras dos apartamentos	prumadas
<input type="checkbox"/> 11	Ausência de colunas de ventilação secundária em lavabos, cozinhas, lavanderias e pias de churrasqueiras dos apartamentos	prumadas
<input type="checkbox"/> 12	Colunas de ventilação secundária com diâmetros inferiores ao necessário (subdimensionadas)	prumadas
<input type="checkbox"/> 13	Previsão de inserção de ramais de esgoto de direções opostas em tubo de queda mediante cruzetas sanitárias	prumadas
<input type="checkbox"/> 14	Tubos de queda de cozinhas e áreas de serviço com diâmetros inferiores aos necessários (subdimensionados)	prumadas
<input type="checkbox"/> 15	Tubo de queda com diâmetro inferior ao necessário (subdimensionado)	prumadas
<input type="checkbox"/> 16	Inserção de ramais de esgoto em tubos de queda com tês sanitários de raio curto com aresta viva	prumadas tipo
<input type="checkbox"/> 17	Lançamento de esgoto de ralos de coleta de água de lavagem de piso na rede de águas pluviais	tipo
<input type="checkbox"/> 18	Ramais de descarga de pias de cozinha com diâmetro inferior ao necessário (subdimensionado)	tipo
<input type="checkbox"/> 19	Ralos sifonados de coleta de água de lavagem de piso das áreas de serviço sem meios de reposição freqüente de fecho hídrico, sujeito a evaporação	tipo
<input type="checkbox"/> 20	Ramais de descarga de máquinas de lavar louça com diâmetro inferior ao necessário (subdimensionado)	tipo

<input type="checkbox"/> 21	Despejo de ramal de descarga de pia de cozinha em caixa sifonada	tipo
<input type="checkbox"/> 22	Instalação inadequada dos ramais de esgoto das máquinas de lavar roupas com refluxo de espuma pelo próprio ponto de saída	tipo
<input type="checkbox"/> 23	Sifões tubulares de máquinas de lavar roupa desprovidos de tubos ventiladores secundários	tipo
<input type="checkbox"/> 24	Sifões tubulares de máquinas de lavar louça desprovidos de tubos ventiladores secundários	tipo
<input type="checkbox"/> 25	Ramais de descarga de tanques de lavar roupa com diâmetro insuficiente (subdimensionados)	tipo
<input type="checkbox"/> 26	Ramais de descarga de máquinas de lavar roupas desaguando em ralo sifonado	tipo
<input type="checkbox"/> 27	Ramais de esgoto de caixas sifonadas desprovidos de tubos ventiladores secundários	tipo
<input type="checkbox"/> 28	Existência de sifões flexíveis tipo P com altura de fecho hídrico insuficiente ou sem fecho hídrico	tipo
<input type="checkbox"/> 29	Ramais de descarga desaguando em caixa sifonada de tanques de lavar roupa que recebem despejos de máquinas de lavar roupas	tipo
<input type="checkbox"/> 30	Ligação de tubo ventilador secundário em abertura de inspeção de joelho de 90° com visita em saída de bacia sanitária	tipo
<input type="checkbox"/> 31	Inserção de tubo ventilador secundário em ramal de esgoto em ponto excessivamente distante de desconector	tipo
<input type="checkbox"/> 32	Ligação direta e em nível de tubo ventilador secundário à coluna de ventilação sem alça de ventilação	tipo
<input type="checkbox"/> 33	Adoção de ralos sifonados tipo campânula móvel para coleta de água de lavagem de piso com altura de fecho hídrico insuficiente	tipo
<input type="checkbox"/> 34	Ramais de descarga/esgoto de ambientes sanitários desprovidos de tubos ventiladores secundários.	tipo
<input type="checkbox"/> 35	Adoção de sifões tubulares de ramais de descarga de máquinas de lavar louças/roupas embutidos em alvenaria, contendo cotovelos de 90° consecutivos, desprovidos de meios de inspeção	tipo
<input type="checkbox"/> 36	Inexistência de sifões em ramais de esgoto de máquinas de lavar de lavar roupas dos apartamentos	tipo
<input type="checkbox"/> 37	Existência de sifões tubulares tipo "P" flexíveis em pias de cozinha e tanques de lavar roupas com altura insuficiente de fecho hídrico	tipo
<input type="checkbox"/> 38	Inexistência de sifões em ramais de esgoto de tanques de lavar roupas dos apartamentos	tipo
<input type="checkbox"/> 39	Inexistência de sifões em ramais de esgoto de tanques de lavar roupas dos apartamentos	tipo
<input type="checkbox"/> 40	Existência de sifões de garrafa metálicos com altura de fecho hídrico insuficiente	tipo
<input type="checkbox"/> 41	Ligação de ramal de esgoto de ralo sifonado em abertura de inspeção de joelho de 90° com visita em saída de bacia sanitária	tipo

<input type="checkbox"/> 42	Inserção direta e em nível de tubo ventilador secundário ao ramal de esgoto	tipo
<input type="checkbox"/> 43	Ramais de descarga de máquinas de lavar roupa com diâmetro inferior ao necessário (subdimensionado)	tipo
<input type="checkbox"/> 44	Tubo ventilador secundário com diâmetro inferior ao necessário (subdimensionado)	tipo
<input type="checkbox"/> 45	Existência de mudanças de direção de 90° em trechos horizontais de ramais de descarga e ramais de esgoto	tipo
<input type="checkbox"/> 46	Transbordamento de ralo sifonado que recebe despejo de ramal de descarga de banheira	tipo
<input type="checkbox"/> 47	Adoção de sifões tubulares de ramais de descarga de máquinas de lavar louças/roupas com alturas de fecho hídrico insuficientes	tipo
<input type="checkbox"/> 48	Tubo ventilador secundário com diâmetro acima do necessário (superdimensionado)	tipo
<input type="checkbox"/> 49	Vazamento de esgoto a partir de falha no encaixe da base de bacia sanitária em adaptador de tubulação de esgoto	tipo
<input type="checkbox"/> 50	Ligação de ramais de esgoto em zonas de sobrepressão nas bases e/ou desvios de tubos de queda, com risco de refluxo de esgoto/retorno de espuma nas áreas de serviço	bases prumadas
<input type="checkbox"/> 51	Risco de refluxo de espuma nos andares inferiores do edifício	bases prumadas
<input type="checkbox"/> 52	Ausência de ventilação direta das bases dos tubos de queda e/ou trechos iniciais de subcoletores e coletores prediais de esgoto	base prumadas
<input type="checkbox"/> 53	Ausência de meios de inspeção e ventilação adequada a montante e a jusante de desvios de tubos de queda	base prumadas
<input type="checkbox"/> 54	Ligação de ramais de esgoto em zonas de sobrepressão nas bases e/ou desvios de tubos de queda	bases prumadas
<input type="checkbox"/> 55	Emprego de joelhos de 90° e/ou curvas de 90° de raio curto nas bases de tubos de queda/bases de desvios de tubos de queda	bases prumadas
<input type="checkbox"/> 56	Emprego de joelhos de 90° e/ou curvas de 90° de raio curto no plano horizontal em desvios de tubos de queda	bases prumadas
<input type="checkbox"/> 57	Inadequação ou inacessibilidade a dispositivos de inspeção em desvios e mudanças de direção de tubos de queda, inícios e mudanças de direção de subcoletores e coletores prediais	base prumadas subsolo
<input type="checkbox"/> 58	Inspeções radiais de bases de tubos de queda e aberturas de inspeção em mudanças de direção de subcoletores e coletores prediais previstas em projeto não foram instaladas	base prumadas subsolo
<input type="checkbox"/> 59	Ausência ou insuficiência de dispositivos de inspeção em desvios e bases dos tubos de queda, e em mudanças de direção de subcoletores e coletores prediais	base prumadas subsolo
<input type="checkbox"/> 60	Mudanças de direção em trechos enterrados de coletor predial desprovidas de caixas de inspeção	térreo
<input type="checkbox"/> 61	Inexistência de caixa geral retentora de gordura no edifício	térreo

<input type="checkbox"/> 62	Ausência de tubo de ventilador secundário a montante de caixa de gordura	térreo
<input type="checkbox"/> 63	Pontas dos tubos de esgoto avançando dentro de caixas de inspeção	térreo
<input type="checkbox"/> 64	Adoção de sifão tubular coletivo para drenos de aparelhos de ar condicionado contendo cotovelos de 90° consecutivos, desprovidos de meios de inspeção e de ventilação secundária	térreo
<input type="checkbox"/> 65	Inexistência de canaletas meia cana apropriadas para condução de esgoto ao fundo de caixas de inspeção de alvenaria	térreo
<input type="checkbox"/> 66	Adoção de caixa geral retentora de gordura desprovida de septo fixo	térreo
<input type="checkbox"/> 67	Caixa de gordura com volume insuficiente da câmara de retenção (subdimensionada)	térreo
<input type="checkbox"/> 68	Adoção de caixa de inspeção sifonada como caixa retentora de gordura	térreo
<input type="checkbox"/> 69	Ausência de tubo ventilador secundário em subcoletor a montante de caixa de inspeção sifonada	térreo
<input type="checkbox"/> 70	Aumento injustificado de diâmetro com superdimensionamento de subcoletores	subsolo
<input type="checkbox"/> 71	Execução dos subcoletores e coletores prediais com traçado diverso do previsto em projeto	subsolo
<input type="checkbox"/> 72	Existência de trecho de subcoletor com declividade contrária ao sentido do escoamento	subsolo
<input type="checkbox"/> 73	Existência de degrau de 90° em coletor predial de esgoto sem inspeção e desprovido de ventilação secundária	subsolo
<input type="checkbox"/> 74	Trechos de subcoletores prediais de esgoto com diâmetros inferiores ao necessário (subdimensionados)	subsolo
<input type="checkbox"/> 75	Trechos de coletores prediais de esgoto com diâmetros inferiores ao necessário (subdimensionados)	subsolo
<input type="checkbox"/> 76	Interligação de ramais de esgoto ou subcoletores em zonas de sobrepressão	subsolo
<input type="checkbox"/> 77	Trecho de subcoletor de esgoto instalado sem qualquer declividade	subsolo
<input type="checkbox"/> 78	Trechos iniciais de subcoletores/coletor predial de esgoto superdimensionados com risco de obstrução por deposição de sólidos	subsolo
<input type="checkbox"/> 79	Manutenção frequente em bombas submersas de recalque da caixa coletora de esgoto	subsolo
<input type="checkbox"/> 80	Válvulas de retenção de bronze instaladas dentro da caixa coletora de esgoto sujeitas a corrosão	subsolo
<input type="checkbox"/> 81	Existência de mudanças de direção de 90° em trechos horizontais de subcoletores e coletores prediais de esgoto	subsolo
<input type="checkbox"/> 82	Inexistência de tubos de queda e subcoletores exclusivos para condução de despejos gordurosos	subsolo
<input type="checkbox"/> 83	Existência de sifão tubular coletivo em subcoletor ou coletor predial de esgoto	subsolo

INSPEÇÃO PREDIAL – Edifício:		Data: ___ / ___ / ___
Item	ÁGUAS PLUVIAIS: Anomalia ou não conformidade	local
<input type="checkbox"/> 1	Tomadas dos condutores pluviais nos fundos de calhas formando cantos vivos, sem funil, desprovidas de grelhas hemisféricas	calhas
<input type="checkbox"/> 2	Existência de septos separadores dentro das calhas de águas pluviais desprovidos de aberturas para extravasão	calhas
<input type="checkbox"/> 3	Área de captação de águas pluviais dotada apenas de buzinode com risco de obstrução	cobertura
<input type="checkbox"/> 4	Ausência de dispositivos de inspeção em bases de condutores verticais	prumadas
<input type="checkbox"/> 5	Ausência de dispositivos de inspeção em desvios com mudança de prumada de condutores verticais	prumadas
<input type="checkbox"/> 6	Ligação de ralos de varandas em região de desvio de condutores verticais de águas pluviais com risco de refluxo sob chuvas intensas	prumadas
<input type="checkbox"/> 7	Ligação de drenos de floreiras em região de desvio de condutores verticais de águas pluviais com risco de refluxo sob chuvas intensas	prumadas
<input type="checkbox"/> 8	Existência de mudanças de direção de 90° de raio curto em bases de condutores verticais de águas pluviais e em seus desvios	prumadas
<input type="checkbox"/> 9	Adoção de PVC branco sanitário/linha leve para condutores de águas pluviais	geral
<input type="checkbox"/> 10	Ausência de manta geotêxtil ou similar para drenagem de floreiras e risco de colmatação dos ralos de captação	tipo
<input type="checkbox"/> 11	Ausência de manta geotêxtil ou similar para drenagem de floreiras e risco de colmatação dos tubos-dreno perfurados de captação	tipo
<input type="checkbox"/> 12	Existência de ralo coletor de águas pluviais muito próximo da central de gás	térreo
<input type="checkbox"/> 13	Existência de caixas sifonadas de águas pluviais desaguando na rede coletora de esgoto sanitário	térreo
<input type="checkbox"/> 14	Empoçamentos de águas pluviais nos pátios externos e transbordamento de água para o interior do pavimento térreo sob chuvas intensas	térreo
<input type="checkbox"/> 15	Inexistência de redução excêntrica e estrangulamento da seção interna de ralos planos coletores de águas pluviais por manta de impermeabilização da laje de concreto e camada de proteção mecânica	térreo
<input type="checkbox"/> 16	Desconsideração das áreas de contribuição virtuais representadas por paredes verticais periféricas ao corpo de edifício e subdimensionamento da rede de captação de águas pluviais	térreo
<input type="checkbox"/> 17	Manta de impermeabilização de laje virando fora do interior de ralo plano	térreo
<input type="checkbox"/> 18	Caixas de areia de águas pluviais dotadas de rebaixo para retenção de detritos	térreo
<input type="checkbox"/> 19	Inexistência de ralo, grelha ou outro elemento de captação sob torneira de lavagem em área externa do edifício	térreo
<input type="checkbox"/> 20	Caixas de inspeção sifonadas de águas pluviais dotadas de joelhos de 90° afogados e desprovidas de tubos ventiladores	térreo

<input type="checkbox"/> 21	Caixas de inspeção sifonadas de águas pluviais desprovidas de tubos ventiladores a montante	térreo
<input type="checkbox"/> 22	Execução da rede de ralos de captação de águas pluviais da área externa periférica ao edifício em desacordo com o previsto em projeto	térreo
<input type="checkbox"/> 23	Presença de umidade ascensional em base de muro de divisa causada por deficiência de sistema de drenagem de subsuperfície rente ao muro	térreo
<input type="checkbox"/> 24	Existência de mudança de direção de 90° em trecho enterrado de condutor horizontal de águas pluviais desprovida de caixa de inspeção	térreo
<input type="checkbox"/> 25	Adoção de caixa sifonada em lugar de ralo plano para captação de águas pluviais	térreo subsolo
<input type="checkbox"/> 26	Ausência de caixa de inspeção sifonada ou sifão tubular ao final de coletor predial de águas pluviais	térreo subsolo
<input type="checkbox"/> 27	Emprego de tê sanitário plugado na base e com saída lateral como ralo plano de captação de águas pluviais	térreo subsolo
<input type="checkbox"/> 28	Trecho de condutor horizontal de águas pluviais instalado com declividade contrária ao sentido do escoamento	subsolo
<input type="checkbox"/> 29	Trecho de condutor horizontal de águas pluviais desprovido de qualquer declividade	subsolo
<input type="checkbox"/> 30	Adoção de sifão tubular em condutor horizontal de águas pluviais desprovido de tubo ventilador	subsolo
<input type="checkbox"/> 31	Adoção de sifão tubular em condutor horizontal de águas pluviais desprovido de elemento de inspeção adequado	subsolo
<input type="checkbox"/> 32	Ausência de elementos de inspeção em pontos adequados em condutores horizontais de águas pluviais	subsolo
<input type="checkbox"/> 33	Existência de mudanças de direção de 90° de raio curto em condutores horizontais de águas pluviais	subsolo
<input type="checkbox"/> 34	Degrau indesejável em coletor predial de águas pluviais	subsolo
<input type="checkbox"/> 35	Ausência de dispositivos de inspeção em inícios ou mudanças de direção de condutores horizontais de águas pluviais	subsolo
<input type="checkbox"/> 36	Ausência de ralo preventivo para coleta do piso da casa de bombas	casa de bombas
<input type="checkbox"/> 37	Ausência de rede de drenagem subsuperficial preventiva contra a ascensão de lençol freático no piso do subsolo e respectivo poço de recalque	rede drenagem
<input type="checkbox"/> 38	Ausência de manta geotêxtil ou similar em valas de drenagem subsuperficial preventiva contra a ascensão de lençol freático no piso do subsolo	rede drenagem
<input type="checkbox"/> 39	Adoção de rede de drenagem subsuperficial preventiva coletando águas de lavagem de piso e da rampa de acesso de veículos ao subsolo	rede drenagem
<input type="checkbox"/> 40	Deságüe do esgoto de tanques de despejo de solos na rede de drenagem subsuperficial	rede drenagem
<input type="checkbox"/> 41	Volume útil de bombeamento do poço de drenagem de águas pluviais muito reduzido	poço drenagem

<input type="checkbox"/> 42	Inexistência de uniões para permitir a retirada das bombas submersas de drenagem para manutenção	poço drenagem
<input type="checkbox"/> 43	Bombas submersas do poço de drenagem de águas pluviais imersas em areia	poço drenagem
<input type="checkbox"/> 44	Poço de drenagem de águas pluviais localizado sob vaga de garagem	poço drenagem
<input type="checkbox"/> 45	Bombas submersas do poço de drenagem de águas pluviais com potência muito alta e esgotamento rápido	poço drenagem
<input type="checkbox"/> 46	Ausência de registros de fechamento nas tubulações de recalque das bombas do poço de drenagem subsuperficial	poço drenagem
<input type="checkbox"/> 47	Ausência de válvulas de retenção nas tubulações de recalque das bombas do poço de drenagem subsuperficial	poço drenagem
<input type="checkbox"/> 48	Registros de fechamento e válvulas de retenção das tubulações de recalque a jusante das bombas instalados dentro do poço de drenagem subsuperficial e sujeitos a corrosão	poço drenagem
<input type="checkbox"/> 49	Registros de fechamento das tubulações de recalque a jusante das bombas instalados dentro do poço de drenagem subsuperficial e sujeitos a corrosão	poço drenagem
<input type="checkbox"/> 50	Válvulas de retenção das tubulações de recalque, a jusante das bombas, instaladas dentro do poço de drenagem subsuperficial e sujeitos a corrosão	poço drenagem
<input type="checkbox"/> 51	Registros de fechamento e válvulas de retenção da linha de recalque do poço de drenagem instalados aparentes em local acessível a manobras inadvertidas	poço drenagem
<input type="checkbox"/> 52	Registros de fechamento da linha de recalque do poço de drenagem instalados aparentes em local acessível a manobras inadvertidas	poço drenagem
<input type="checkbox"/> 53	Válvulas de retenção da linha de recalque do poço de drenagem instaladas aparentes em local acessível a manobras inadvertidas	poço drenagem
<input type="checkbox"/> 54	Presença de uma única bomba de recalque no poço de drenagem de águas pluviais	poço drenagem
<input type="checkbox"/> 55	Tubulação de recalque do poço de drenagem subsuperficial desaguando sob pressão na rede de esgoto sanitário	poço drenagem
<input type="checkbox"/> 56	Inexistência de bombas de recalque do poço de drenagem subsuperficial	poço drenagem
<input type="checkbox"/> 57	Adoção de tubulação de PVC branco sanitário para recalque do poço de drenagem	poço drenagem
<input type="checkbox"/> 58	Existência de bombas de recalque não afogadas sem escorva automática para esgotamento do poço de drenagem de águas pluviais	poço drenagem
<input type="checkbox"/> 59	Inexistência de partidas em cascata das bombas submersas de recalque do poço de drenagem de águas pluviais	poço drenagem
<input type="checkbox"/> 60	Estado séptico dentro do poço de drenagem de águas pluviais	poço drenagem
<input type="checkbox"/> 61	Bombas submersas do poço de drenagem de águas pluviais em adiantado estado de corrosão externa	poço drenagem
<input type="checkbox"/> 62	Nível d'água máximo dentro do poço de drenagem de águas pluviais afogando deságüe de tubos afluentes	poço drenagem

INSPEÇÃO PREDIAL – Edifício:		Data: ___ / ___ / ___
Item	<b>DIVERSOS / TUBULAÇÕES:</b> Anomalia ou não conformidade	local
<input type="checkbox"/> 1	Espaçamentos excessivos entre suportes de tubulações horizontais aparentes em desacordo com recomendações dos fabricantes	barrilete/ subsolos
<input type="checkbox"/> 2	Ausência de pintura de tubulações com cores padronizadas pela ABNT	geral
<input type="checkbox"/> 3	Trechos de tubulações sem suportes ou dotados de suportes inadequados	geral
<input type="checkbox"/> 4	Contato direto de suportes de aço galvanizado com tubos de cobre e conexões de cobre/bronze, formando par galvânico	geral
<input type="checkbox"/> 5	Contato direto de filtro Y de aço carbono com tubos de cobre e conexões de cobre/bronze, formando par galvânico	CRP
<input type="checkbox"/> 6	Contato direto de tubos de aço galvanizado e de conexões de ferro maleável galvanizado com tubos de cobre e conexões de cobre/bronze - par galvânico	geral
<input type="checkbox"/> 7	Contato direto de tubos e conexões de ferro maleável galvanizado com registros de gaveta de bronze e com tubos e conexões de cobre/bronze - par galvânico	geral
<input type="checkbox"/> 8	Contato direto de flanges de ferro maleável galvanizado com registros de gaveta de bronze nas tomadas d'água dos reservatórios elevados - par galvânico	reservat. elevado

## APÊNDICE F: Exemplo de planilha de anomalias em sequência topológica

Nº.	A. FRIA: Título da anomalia (patologia ou não conformidade)	itens infringidos	fotos da anomalia	detalhes da anomalia	detalhes recomendados
<input type="checkbox"/> 1	Tampas de acesso às câmaras do reservatório elevado executadas e instaladas de modo incorreto e/ou danificadas				
<input type="checkbox"/> 2	Existência de apenas uma câmara no reservatório elevado				
<input type="checkbox"/> 3	Ausência de registros de bloqueio na tubulação de recalque de água potável ao nível do barrilete				
<input type="checkbox"/> 4	Ausência de telas protetoras nos tubos de extravasão do reservatório elevado				
<input type="checkbox"/> 5	Ausência de tubulação de aviso de extravasão no reservatório elevado				
<input type="checkbox"/> 6	Despejo da tubulação de limpeza do reservatório elevado diretamente em tubo ventilador primário (prolongamento de tubos de queda de esgoto)				
<input type="checkbox"/> 7	Despejo da tubulação de limpeza do reservatório elevado diretamente em condutor vertical de águas pluviais				
<input type="checkbox"/> 8	Inexistência de registros de passagem individuais para as colunas de distribuição de água fria no barrilete elevado				
<input type="checkbox"/> 9	Inexistência de registros de passagem individuais para as colunas de distribuição de água fria nos barriletes superior e inferior				
<input type="checkbox"/> 10	Ausência de rede de tubulações exclusivas para alimentação de água fria para bacias sanitárias				
<input type="checkbox"/> 11	Ausência de colunas de ventilação em colunas de distribuição de água fria exclusivas para alimentação de válvulas de descarga de bacias sanitárias				

## **APÊNDICE G: Métodos hierárquicos**

Tendo em vista que as diretrizes propostas para a formulação de um método adequado à investigação e solução de patologias em SPHS contemplam uma priorização de intervenções corretivas e medidas preventivas, este apêndice traz uma introdução aos sistemas de apoio à decisão baseados em métodos hierárquicos empregados em análise multicriterial. Este apêndice é fundamentalmente baseado em Lobato (2005).

### **G.1 Sistemas de apoio à decisão**

Para Lobato (2005) tomar decisões é parte do cotidiano das pessoas. O ato de decidir implica em escolher para atingir um objetivo, atendendo um ou mais critérios. Uma decisão deve ser tomada sempre que se está à frente de um problema que admite mais do que uma alternativa para a sua solução. Mesmo diante de uma situação que admite uma única solução, cabe a decisão de realizar ou não esta ação.

Na sua acepção mais elementar, o processo de tomada de decisão significa a escolha da melhor alternativa, entre as possíveis, por um centro decisor (um indivíduo ou um grupo de indivíduos) (GOMES, GOMES e ALMEIDA, 2006). A questão analítica está na definição do melhor e do possível num processo decisório. Entre outros critérios, as decisões podem ser classificadas em simples e complexas. À medida que as decisões se tornam mais complexas, devem ser avaliadas simultaneamente segundo vários critérios. Neste contexto, entra em cena um Sistema de Apoio à Decisão (SAD).

A pesquisa operacional, área onde se inserem os SAD, surgiu em meados dos anos 50 do século passado quando as forças aliadas, na Segunda Guerra Mundial, necessitaram resolver problemas logístico–militares. Este fato contribuiu para uma maior aplicação da pesquisa operacional na resolução de problemas. Nessa época, foram desenvolvidos diversos métodos matemáticos no intuito de se encontrar a solução ótima de um problema, como aqueles de alocação de cargas, definição de percursos mínimos ou otimização de estoques.

Já na década de 60 surgiram os métodos probabilísticos voltados para a tomada de decisão. Eles foram desenvolvidos e aplicados até a década de 80, quando se viram superados por métodos menos complexos.

Também na década de 60, começaram a aparecer organizações voltadas ao estudo e análise de decisões. Vários grupos para o “Apoio à Tomada de Decisão” foram criados, envolvendo pesquisadores de diversas áreas. Nos anos 70 apareceram os primeiros métodos probabilísticos para os problemas discretos de decisão, no ambiente designado multicritério ou multiobjetivo. Tais métodos utilizam uma abordagem diferenciada para essa classe de problemas e passaram a atuar sob a forma de auxílio à decisão.

Várias são as abordagens na tomada de decisão. Lobato (2005) apresenta os seguintes elementos comuns às várias formas de tomada de decisão: a decisão em si, os objetivos, as preferências, as estratégias, o contexto e os resultados. Quanto aos modelos decisórios, este autor apresenta as seguintes etapas:

- a) ANÁLISE E IDENTIFICAÇÃO DA SITUAÇÃO: nesta etapa, deve existir uma cuidadosa identificação do ambiente onde o problema está inserido, realizando-se um levantamento de dados adequado;
- b) DESENVOLVIMENTO DAS ALTERNATIVAS: identificação de possíveis alternativas para a resolução do problema, através dos dados levantados na etapa anterior, utilizando a experiência pessoal do usuário;
- c) COMPARAÇÃO ENTRE AS ALTERNATIVAS: determinação das vantagens e desvantagens das alternativas;
- d) CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS DE CADA ALTERNATIVA: mensuração do grau de incerteza das alternativas, através da análise dos possíveis riscos de cada uma;
- e) ESCOLHA DA MELHOR ALTERNATIVA: após a comparação e a classificação dos riscos de cada alternativa, o usuário deverá determinar a melhor opção entre as mesmas e realizar uma estimativa dos resultados esperados, para uma avaliação posterior;
- f) EXECUÇÃO E AVALIAÇÃO: nesta etapa, ocorre a implementação da alternativa escolhida, a qual, após algum tempo, fornecerá resultados que permitirão ao usuário escolher entre continuar com a atual alternativa ou reiniciar o ciclo de tomada de decisão.

Vários são os fatores que influenciam as incertezas relacionadas às decisões, assim como a capacidade de tomada de decisão por um decisor.

Lupatini (2002) apresenta como principais fatores a disponibilidade de conhecimentos e habilidades, o entendimento e comunicação entre os tomadores de decisão, o desejo dos decisores de cooperação entre eles, os recursos financeiros disponíveis, entre outros.

As decisões, na vida profissional ou pessoal, são tomadas no intuito de resolver problemas ou melhorar o desempenho de um sistema que, de uma maneira geral, implicam em uma tomada de decisão complexa. Um exemplo está na priorização de ações a realizar, segundo múltiplos critérios, atendendo decisões tomadas por diferentes intervenientes, como é o caso das ações corretivas e medidas preventivas consequentes de um procedimento de investigação patológicas nos SPHS de uma edificação. Tais problemas geralmente apresentam as seguintes características:

- deve haver pelo menos dois critérios, em geral mutuamente conflitantes, para a solução do problema. Os critérios não estão claramente definidos e a escolha de uma das alternativas, com relação a pelo menos um critério, gera conseqüências que não são compreendidas claramente;
- os critérios e as alternativas podem estar interligados, de modo a um determinado critério parecer refletir outro em parte; a eficácia da escolha de uma dada alternativa depende da escolha ou não de outra alternativa, quando não forem mutuamente exclusivas;
- a solução do problema depende de um conjunto de pessoas, cada qual com o seu ponto de vista, por vezes conflitante com o das demais;
- as restrições do problema não são bem definidas, podendo até mesmo haver alguma dúvida acerca do que é critério e do que é restrição;
- alguns critérios são quantificáveis, ao passo que outros somente o são através de julgamentos de valor efetuados sobre uma mesma escala;
- a escala para um dado critério pode ser cardinal, verbal ou ordinal, dependendo dos dados disponíveis e da própria natureza dos critérios.

Um sistema de apoio à decisão (SAD) se caracteriza por ser uma atividade que permite, através de modelos claramente explicitados, mas não necessariamente formalizados, auxiliar a obtenção dos elementos de resposta às questões que são apresentadas a um interventor em um processo de decisão, o decisor (ROY, 1996).

Tais elementos procuram esclarecer e, normalmente, prescrever a decisão ou simplesmente favorecer um comportamento que venha acrescentar coerência à evolução do processo, aos objetivos e sistema de valores utilizados pelo interventor.

Zeleny (1982) define a tomada de decisão como o esforço para resolver o dilema de objetivos conflitantes que impedem a existência de uma “solução ótima” e levam à busca de uma “solução de compromisso”. Em realidade, os SAD são sistemas computacionais que ajudam os responsáveis pela tomada de decisões a enfrentar problemas por meio de uma interação direta com modelos de dados e análises.

Lobato (2005) acrescenta que os SAD foram desenvolvidos como instrumento para auxiliar profissionais na melhoria da sua eficácia e produtividade. Para o autor, o objetivo destes sistemas não é substituir o julgamento do profissional, mas sim auxiliá-lo no julgamento, uma vez que eles não automatizam o processo decisório e não impõem ao decisor uma seqüência de análise. Várias características são esperadas de um SAD. Ele deve ser flexível, de maneira a poder trabalhar com situações variadas, oferecer facilidade no uso para ser incorporado ao sistema decisório dos profissionais de maneira simples e rápida. Além disto, não deve impor uma estrutura ao seu usuário, mas deve ser rápido e facilitar uma comunicação clara e precisa com o usuário; além disto, onde necessário, deve se adaptar à rotina do decisor.

Os SAD podem ser aplicados em diversas situações e para cada aplicação, o SAD apresentará consideráveis diferenças. Existe uma grande variedade de modelos de análise de decisão, desde métodos clássicos, como os métodos estatísticos descritivos e os métodos estocásticos, passando pela simulação determinística, até os modelos de análise de decisão, os modelos econômicos e os de otimização clássicos, segundo Netto, Souza e Lopes Júnior (2001). Estes autores incluem nos métodos clássicos de análise de decisão os Métodos Multiobjetivo e Multicritério, os Sistemas de Inteligência Artificial (como as Redes Neurais), os Sistemas Especialistas (*Expert Systems*) e os métodos baseados na Teoria dos Conjuntos Difusos ou Nebulosos (*Fuzzy Sets*), tal como empregado por Graça e Kowaltowski (2004).

Na realidade, esses sistemas não são conflitantes uns com os outros e podem ser convenientemente acoplados para a construção de uma solução aceitável para um dado problema.

Em particular, se o problema é de seleção tecnológica, ele envolve naturalmente uma decisão com múltiplos objetivos e múltiplos critérios, além de múltiplos agentes decisores. Neste contexto, os termos multiobjetivo e multicritério não devem ser entendidos como processos distintos ou divergentes entre si, mas simplesmente como termos complementares um ao outro, no sentido da tomada de decisão com base em critérios com múltiplos objetivos e múltiplos critérios considerados simultaneamente. Na literatura específica, estes termos são por vezes empregados como sinônimos, apesar do sentido intercomplementar.

## G.2 Análise Multicritério

Lobato (2005) esclarece que as primeiras publicações sobre Auxílio à Decisão Multicritério datam do final da década de 60 do século passado, ao passo que os primeiros métodos multicritérios e multiobjetivos surgiram na década de 70. O auxílio multicriterial à decisão é denominado pela escola francesa de Análise Multicritério e pela escola americana de Métodos Multicritérios de Auxílio à Decisão (*MCDA – Multiple Criteria Decision-Aid*) ou Tomada de Decisão Multicritério (*MCDM – Multiple Criteria Decision Making*) (VINCKE, 1992).

A propósito, Zuffo (1998), citando uma crítica de Bernard Roy, esclarece que a corrente europeia se distingue da corrente americana quanto ao uso e às definições dos métodos multicriteriais. A corrente americana concentra seus esforços no descobrimento e descrição do tomador de decisões, além de ter por base teoremas, corolários, conceitos e axiomas na busca da “solução ótima”. Em contrapartida, a vertente europeia busca encontrar a “solução de melhor compromisso”. Ela entende que, em se tratando de múltiplos critérios, é impossível pensar em solução ótima.

Sendo vários os métodos de análise multicritério, são diversas também as classificações dadas aos mesmos. A escola americana classifica esses métodos segundo as técnicas de resolução dos problemas, enquanto a europeia apresenta uma classificação de acordo com o tipo de agregação, admitindo que a linha que separa estas categorias é um tanto vaga. Uma destas classificações é a adotada por Pardalos *et al.*, (1985)<sup>1</sup> citado por Zuffo (1998):

---

<sup>1</sup> PARDALOS, P. M.; SISKOS, Y.; ZOPOUNIDIS, C. *Advances in Multicriteria Analysis. Non convex optimization and its application*. Netherlands: Kluwer Academic, 1995. v. 5, 249 p.

- **CLASSE I – Programação Matemática Multiobjetivo:** esta categoria engloba os métodos que têm por base a busca das soluções não dominadas; em geral, as alternativas não estão explícitas, mas representadas por um conjunto de restrições;
- **CLASSE II – Teoria da Utilidade Multiatributo:** este conjunto abrange os métodos que procuram modelar as preferências do decisor através da função de valor, que representa a decisão do tomador de decisões;
- **CLASSE III – Relações das Aproximações Hierárquicas:** os métodos nesta categoria são muito utilizados pela escola europeia pelo fato de não haver um direcionamento nas decisões; entre esses métodos, destacam-se as famílias PROMETHEE e ELECTRE, os métodos da incerteza de hierarquização, entre outros;
- **CLASSE IV – Métodos Baseados na Desagregação de Preferências:** esta categoria se assemelha à da Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT – *Multi Attribute Utility Method*), diferindo apenas no fato dos seus parâmetros serem indiretamente estimados, em que o problema principal está em estimar uma função de utilidade aditiva.

Vincke (1992) apresenta uma classificação dos métodos de auxílio à decisão multicriteriais em três grandes famílias, a saber:

- a) **TEORIA DA UTILIDADE COM MÚLTIPLOS ATRIBUTOS:** esta família tem inspiração americana e consiste na agregação de diversos pontos de vista em uma única função, que deverá ser otimizada;
- b) **MÉTODOS DE RANQUEAMENTO:** nesta família, inspirada na escola francesa, primeiramente se constrói uma relação (relação de ranqueamento) que representa as preferências fortes do tomador de decisões. Segue-se uma exploração das relações de ranqueamento para auxiliar o tomador de decisões a resolver o problema.
- c) **MÉTODOS INTERATIVOS:** estes métodos se caracterizam por alternarem passos de cálculo e de diálogo com o tomador de decisões, que fornece informações sobre as suas preferências.

Vincke (1992) apresenta o auxílio à decisão multicritério como um conjunto de ferramentas que permitem um avanço ao tomador de decisões na solução de problemas de decisão que possuem vários pontos de vista, os quais devem ser considerados na decisão; em geral, não existe qualquer solução ótima sob todos os pontos de vista apresentados.

Lobato (2005) esclarece que a análise multicritério estrutura um problema com o objetivo de criar para ele um modelo lógico através de uma abordagem sistemática para a tomada de decisão. A estruturação do problema pode se dar por meio de sua compartimentação em sub-elementos visando maior facilidade na manipulação dos dados. A abordagem proposta pela análise multicritério procura resolver problemas de decisão que possuem mais de um objetivo. Nela as incertezas ou o conflito entre objetivos se apresentam em inúmeros patamares e de vários tipos, formando um complexo quadro destes objetivos, causando uma dificuldade de identificação pelo agente decisor da avaliação das alternativas.

Um método de análise multicritério dito “de sobreclassificação” (*outranking relation*) faz uso da construção de relações de sobreclassificação para, num segundo passo, explorá-las e estabelecer uma priorização (ranqueamento) das ações que auxiliarão o tomador de decisões na solução de um problema. Vincke (1992), baseado em Bernard Roy, apresenta a seguinte definição de “relações de sobreclassificação”:

“Uma relação de sobreclassificação é uma relação binária  $S$  definida em  $A$  (conjunto de alternativas, onde  $a \in A$  e  $b \in A$ ) tal que  $aSb$  se, conhecidas as preferências do tomador de decisões, conhecida a qualidade das avaliações das ações e a natureza do problema, existem argumentos suficientes para decidir que  $a$  é no mínimo tão bom quanto  $b$ , desde que não exista razão substancial para contestar esta afirmação”.

Seguem-se os métodos de sobreclassificação citados por Vincke (1992), com seus respectivos autores e época de criação:

- ELECTRE I: Roy, 1968
- ELECTRE II: Roy e Bertier, 1971 e 1973
- ELECTRE III: Roy, 1978
- ELECTRE IV: Hugonnard e Roy, 1982
- QUALIFLEX: Paelinck e Janssen, 1978 e 1990

- ORESTE: Roubens, 1981
- MELCHIOR: Leclercq, 1984
- SEGMENTAÇÃO TRICOTÔMICA: Moscarola e Roy, 1977 e Roy, 1981
- PROMETHEE: Brans e Vincke, 1985

Cada um destes métodos traz diferentes pressupostos e condicionantes do respectivo domínio de aplicação.

Neste sentido, a inclusão deste apêndice ao trabalho objetivou apresentar uma ferramenta de auxílio à decisão, no intuito de permitir a hierarquização dos resultados da investigação de patologias em SPHS, na forma de uma relação de medidas corretivas e preventivas, ordenada segundo certos critérios, para uma dada edificação.

Segundo Zuffo (1998), a aplicação do método ELECTRE III é indicada quando se tem como objetivo o ordenamento das ações segundo uma ordem de preferência decrescente e é possível e desejável quantificar a importância relativa dos critérios. Por tal motivo, optou-se pela apresentação do método de análise multicritério ELECTRE III, pois a hierarquização pretendida para as intervenções corretivas e preventivas nos SPHS atende aos pressupostos desta metodologia. Segue-se, em consequência, em linhas gerais, uma apresentação do Método ELECTRE III, fundamentalmente baseada em Buchanan e Sheppard (1998) e em Lobato (2005).

### **G.3 O método ELECTRE III**

A sigla ELECTRE (*ELimination Et Choix Traduisant la REalité*), significa “representação da realidade por eliminação e escolha”. Buchanan e Sheppard (1998) definem os métodos da família ELECTRE não apenas como métodos de solução, mas como “uma filosofia de apoio à decisão”. Segundo Lobato (2005), os métodos da família ELECTRE podem ser relacionados, historicamente, da seguinte maneira:

- ELECTRE I: Roy, 1968
- ELECTRE II: Roy e Bertier, 1971, 1973
- ELECTRE III: Roy, 1978
- ELECTRE IV: Roy e Hugonnard, 1982

- ELECTRE IS: Roy e Skalka, 1985
- ELECTRE TRI: Roy e Bouyssou, 1991

Como se observa pelo levantamento histórico, Bernard Roy é a principal referência da família ELECTRE. Todos os conceitos apresentados são de sua autoria ou do mesmo com colaboradores.

Buchanan e Sheppard (1998) citam, como vantagem desta família de métodos multicriteriais o caráter não compensatório, em que um valor muito ruim de um critério não é compensado por um valor bom de outro critério. Com isso, os métodos ELECTRE admitem a incomparabilidade entre ações. Quanto à natureza dos problemas atendidos pelos métodos da família ELECTRE, tem-se:

- a) a problemática de apoio na escolha da(s) melhor(es) ação(ões), onde se encontram as aplicações dos métodos ELECTRE I e IS;
- b) a problemática que agrupa em classes as ações segundo normas pré-estabelecidas, através do ELECTRE TRI;
- c) a problemática que tem como objetivo o ordenamento das ações segundo uma ordem de preferência decrescente, utilizando os métodos ELECTRE II, III e IV. A versão II é a mais antiga, o III é aplicado quando é possível e desejável quantificar a importância relativa dos critérios e o IV quando a quantificação da importância relativa não é possível.

Os métodos da família ELECTRE, com exceção do IV, fazem uso de uma hipótese de sobreclassificação, uma noção de concordância e uma noção de não concordância ou discordância, apresentadas a seguir:

- HIPÓTESE DE SOBRECLASSIFICAÇÃO: parte-se da hipótese que, dadas duas ações denotadas  $a_i$  e  $a_k$  pertencentes a um conjunto A,  $a_i$  sobreclassifica  $a_k$ , o que deve ser verificado;
- CONCORDÂNCIA: se a hipótese “ $a_i$  sobreclassifica  $a_k$ ” é verificada, diz-se que para o critério  $j$  existe concordância com a hipótese que a ação  $a_i$  é no mínimo tão boa quanto a ação  $a_k$ ;

- **NÃO CONCORDÂNCIA:** a condição de não concordância permite recusar uma hipótese de sobreclassificação, obtida depois da aplicação da condição de concordância, desde que exista uma oposição forte para ao menos um critério.

Para que uma noção de concordância se torne operacional, é necessária a definição de coeficientes de importância ou **pesos** para os critérios, que exprimem a importância relativa de cada um deles.

Para a definição dos pesos, Simos (1990), citado por Lobato (2005), sugere o método denominado “jogo de cartas”. Este método consiste em distribuir aleatoriamente cartas com o nome de cada critério, que se está utilizando na avaliação pelo ELECTRE III, e um conjunto de cartões sem nada escrito, denominados “cartões brancos”. O entrevistado deverá ordenar os critérios do melhor para o pior, inserindo uma quantidade de cartões brancos entre os critérios, que representa o grau de importância entre estes. Caso o entrevistado tenha a opinião de que dois critérios têm o mesmo peso, ele poderá representar isto unindo os dois cartões, com a identificação dos critérios, através de um clipe de papel, sem colocar cartões brancos entre eles. Outro modo de atribuição de pesos consta em Goicochea, Hansen e Duckstein (1982).

As várias versões da família ELECTRE se baseiam em um mesmo conceito fundamental, mas diferem na sua operacionalização (BUCHANAN e SHEPPARD, 1998). Na aplicação dos métodos da família ELECTRE, surgem dois conceitos de grande importância para a sua utilização: o conceito de limiar e o de hierarquização.

Assumindo a existência de um conjunto de ações  $A$  e um critério  $g_j$ , onde  $j = 1, 2, \dots, n$ , que se deseja maximizar, no modelo tradicional de preferência são encontradas duas relações possíveis para um par de ações  $(a, b) \in A$ , onde:

**aPb:**  $a$  é preferível a  $b$ , se  $g_j(a) > g_j(b)$

**aIb:**  $a$  é indiferente a  $b$ , se  $g_j(a) = g_j(b)$

O método ELECTRE III introduz ao modelo acima descrito um valor limiar de preferência  $p_j$  e um valor limiar de indiferença  $q_j$ , a cada critério  $g_j$ . Desta maneira, o tomador de decisões pode estabelecer um intervalo de valores no qual uma ação é estritamente preferível à outra e um intervalo no qual uma ação é indiferente à outra.

Lobato (2005) cita o exemplo, no modelo tradicional de preferência, em que se desejando escolher o café mais doce, uma xícara de café contendo 11 mg de açúcar é preferível a uma xícara de café contendo 10 mg de açúcar; já utilizando o ELECTRE III, é possível estabelecer que 1 mg de açúcar não faz diferença entre as duas xícaras, ou seja, o café das duas xícaras é equivalente.

Com a introdução destes limites, as relações de preferência ficam da seguinte maneira (BUCHANAN e SHEPPARD, 1998):

**aPb**: **a** é preferível a **b**, se  $g_j(a) > g_j(b) + p_j$

**aIb**: **a** é indiferente a **b**, se  $|g_j(a) - g_j(b)| \leq q_j$

Estes limiares de indiferença e preferência são estabelecidos pelo tomador de decisão, pois mostram o grau de sensibilidade que o decisor deseja ao comparar duas ações. Como a mudança de indiferença para preferência estrita não ocorre em um ponto, pode-se estabelecer uma faixa de valores, que se denomina zona de preferência fraca. Com isso, as relações anteriormente citadas se apresentam da seguinte forma (BUCHANAN e SHEPPARD, 1998):

**aPb**: **a** é estritamente preferível a **b**, se  $g_j(a) > g_j(b) + p_j$

**aQb**: **a** tem preferência fraca a **b**, se  $g_j(b) + q_j < g_j(a) \leq g_j(b) + p_j$

**aIb**: **a** é indiferente a **b**, se  $g_j(b) - q_j \leq g_j(a) \leq g_j(b) + q_j$

Através destes limites, os métodos ELECTRE estabelecem uma relação de hierarquização denotada por **S**, onde uma ação **aSb**, ou seja, a ação “**a** é, no mínimo, tão boa quanto **b**” ou “**a** não é pior que **b**”. Esta relação deverá ser analisada para cada critério **j**. Desta maneira, a notação é **aS<sub>j</sub>b** (**a** é, no mínimo, tão bom quanto **b**, para o critério **j**) (BUCHANAN e SHEPPARD, 1998).

Cabe comentar que a introdução dos limiares de preferência **P** e indiferença **Q** redefine os critérios em pseudo-critérios, pois a diferença entre  $g_j(a)$  e  $g_j(b)$  deixa de ser apenas avaliada pelo valor, para o referido critério, e passa a se estabelecer uma zona de indiferença, através destes limites (P e Q), como apresentado anteriormente e exemplificado no exemplo da xícara de café (LOBATO, 2005).

Segundo Buchanan e Sheppard (1998), duas novas definições são apresentadas, no intuito de desenvolver as relações de hierarquização: os conceitos de concordância e discordância:

“O critério  $j$  está em concordância com a afirmação  $aSb$  se, e somente se  $aS_jb$ , isto é, se  $g_j(a) \geq g_j(b) - q_j$ . Deste modo, até mesmo se  $g_j(a)$  é menor que  $g_j(b)$  para uma quantidade até  $q_j$ , isto não contradiz a afirmação  $aS_jb$  e então está em concordância com tal afirmação”. “O critério  $j$  está em discordância com a afirmação  $aSb$  se, e somente se  $bS_ja$ , isto é, se  $g_j(b) \geq g_j(a) + p_j$ , a saber, se  $b$  for estritamente preferível a  $a$  pelo critério  $j$ , então torna-se clara a não concordância com a afirmação  $aSb$ ”.

A análise anteriormente apresentada procura avaliar a afirmação  $aSb$ , ou seja, se  $a$  é, no mínimo, tão bom quanto  $b$ . Partindo-se desta análise, torna-se necessário determinar o quão forte é a afirmação  $aS_jb$ . Esta determinação é realizada através do chamado índice de concordância “C”, para cada par de ações  $a, b \in A$ . O índice  $C(a, b)$ , para as ações  $a$  e  $b$ , é definido da seguinte maneira (BUCHANAN e SHEPPARD, 1998):

$$C(a, b) = 1/k \cdot \sum_{j=1}^n k_j \cdot c_j(a, b) \quad \text{com } 1 \leq j \leq n \dots \text{ onde,}$$

$C(a, b)$  – índice de concordância das ações  $a$  e  $b$ ;

$k$  – soma dos pesos de todos os critérios;

$k_j$  – peso do critério  $j$ , para  $j = 1, 2, 3, \dots, n$ ;

$c_j(a, b)$  – índice de concordância das ações  $a$  e  $b$ , sob o critério  $j$ .

Os valores para o índice de concordância  $c_j$  são dados pela função linear por partes, a saber (BUCHANAN *et al.*, 1998):

$$c_j(a, b) = 1 \text{ se } g_j(a) + q_j \geq g_j(b);$$

$$c_j(a, b) = 0 \text{ se } g_j(a) + p_j \leq g_j(b);$$

$$c_j(a, b) = [p_j + g_j(a) - g_j(b) / p_j - q_j] \text{ nos demais casos.}$$

O índice de concordância  $C(a, b)$  representa, em porcentagem, em função de todos os critérios analisados e, para cada par  $(a, b)$  de ações, o quanto se concorda com a afirmação de que a ação  $a$  é tão boa quanto  $b$  (BUCHANAN e SHEPPARD, 1998).

Na análise multicriterial, realizada pelo método ELECTRE, além do índice de concordância, tem-se o índice de discordância, que mede o quanto se discorda da afirmação  $aSb$ .

Neste ponto, surge uma das inovações do método ELECTRE III, com a introdução de um novo limiar, o chamado limiar de veto  $v$ . O limiar de veto  $v$  é aquele valor tal que, a partir dele, a afirmação  $aSb$  é refutada, ou seja, não existe possibilidade de  $a$  ser, no mínimo, tão bom quanto  $b$ ; neste caso ocorre que  $g_j(b) \geq g_j(a) + v_j$ . O índice de discordância é determinado da seguinte maneira:

$$d_j(a,b) = 1 \text{ se } g_j(a) + v_j \leq g_j(b);$$

$$d_j(a,b) = 0 \text{ se } g_j(a) + p_j \geq g_j(b);$$

$$d_j(a,b) = [g_j(b) - g_j(a) - p_j / v_j - p_j] \text{ nos demais casos.}$$

Com os dois índices calculados, concordância e discordância, é possível determinar uma matriz de credibilidade de hierarquização, que mede quão forte é a afirmação  $aSb$ . Buchanan e Sheppard (1998) apresentam a seguinte fórmula para o cálculo do índice de credibilidade para cada par de ações  $a,b$ :

$$S(a,b) = C(a,b) \text{ se } d_j(a,b) \leq C(a,b) \forall j;$$

$$S(a,b) = C(a,b) \cdot \prod \{ [1 - d_j(a,b)] / [1 - C(a,b)] \} \dots \text{ onde:}$$

$$J(a,b) - \text{é o conjunto de critérios para os quais ocorre } d_j(a,b) > C(a,b).$$

A definição anterior afirma que, se a discordância for igual a 1, para apenas um critério, não se tem confiabilidade na afirmação que  $aSb$ . De outra maneira, se a discordância for igual a 0, tem-se a credibilidade na afirmação  $aSb$ . Após a determinação da matriz de credibilidade, são realizadas duas pré-classificações, sendo uma ascendente e outra descendente.

Primeiramente, determina-se um valor que será o máximo valor da matriz de credibilidade ( $\lambda = \text{Max } S(a,b)$ ). Define-se, então, um coeficiente de "relaxamento" para  $\lambda$ , através da fórmula  $\lambda - s(\lambda)$ ; em seguida, adota-se o valor, para cada critério, da credibilidade e compara-se com  $\lambda$ , formando então a matriz  $Q_M(A)$ , onde se tem somente os valores 0 e 1, sendo 0 para credibilidade nula e 1 para alta credibilidade.

Com as informações desta matriz, retira-se a ação melhor classificada, tendo assim a chamada 1ª etapa da destilação descendente. Repete-se então o processo para o conjunto das demais ações, excluindo-se a ação previamente classificada e, ao final das destilações, tem-se a pré-classificação descendente.

Para a classificação ascendente utiliza-se o mesmo processo, com a diferença que em cada etapa se retira a ação pior classificada. Realizadas as duas pré-classificações, determina-se a classificação final, que será a interseção das duas anteriores (VINCKE, 1992).

Para a definição da hierarquização final são apresentadas as seguintes regras de classificação (SANTOS *et al.*, 2006):

- Se **a** é preferível a **b**, dentro das duas pré-classificações, então **a** será preferível a **b** no ranqueamento final;
- Se **a** é equivalente a **b**, em uma das pré-classificações, mas ela é preferível na outra, então **a** é preferível a **b**;
- Se **a** é preferível a **b** em uma das pré-classificações, mas na outra pré-classificação **b** é preferível a **a**, então as duas ações serão incomparáveis entre si.

Após a análise realizada, faz-se necessária uma análise de robustez dos resultados apresentados. Esta análise é realizada variando-se os parâmetros, pesos e limites de preferência, indiferença e veto, estabelecidos originalmente. Isto no intuito de determinar o domínio de variação de certos parâmetros dentro do qual uma recomendação permaneça estável. Serve para fornecer ao decisor uma recomendação sintética e robusta, que o informe quanto à capacidade da solução proposta resistir às variações entre a realidade e o modelo pressuposto para representá-la (SANTOS *et al.*, 2006).

Exemplos de aplicação do método ELECTRE III se encontram em Alfredo (1997) na seleção de alternativas de obras hidráulicas, em Buchanan e Sheppard (1998) na priorização de alternativas de projetos para plantas de geração de energia, em Lupatini (2002) na escolha de áreas para aterros sanitários e em Lobato (2005) na hierarquização de ações de conservação de água em edificações.

**ANEXO 1: Exemplo de caracterização adicional de edifício objeto de estudo de caso (EC 3)**



Figura A1.1 – Fotos parciais de fachadas do edifício EC 3



# Prefeitura Municipal de Curitiba

DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E TORBAMENTO

DIVISÃO DE EDIFICAÇÕES

n. 39007

## ALVARÁ DE CONSTRUÇÃO

Curitiba, 13 de julho de 1966

Pelo presente ALVARÁ se concede licença a

**Farid Surugi S/A**

para, de acordo com a petição n. 15246 de 16/6 de 1966 de **Maria**  
de **11/66** despacho do Sr. Diretor de 13/7 1966, construir um **predio**  
**5/18 pav. em alv. p/ apartamento**  
**R. Paraná de Barros Esq. R. Lourenço Ville**

Conforme o projeto aprovado e obedecendo ao alinhamento e nivelamento que foram dados, segundo consta do respectivo processo, aos dias 2<sup>o</sup> do mês de **junho de 1966** do ano corrente, o alinhamento a

Fontes e pontos de alinhamento: **CONDICER O ALINHAMENTO EXISTENTE RUAS ANDRÉ de VIANES e LOURINÇO VILLO**

e o nivelamento:

metros acima do nível do mar, sendo o ponto de referência a altitude 899,019 m. da soleira da Estação da Estrada de Ferro de Curitiba.

PROJETO: **Farid SURUGI S/A**

CONSTRUTOR: **o mesmo**

Tendo sido paga a importância de Cr\$ **893.360** conforme talão n. **226.883.44** dos emolumentos respectivos, é expedido o presente alvará para que produza todos os efeitos legais.

Em, **Romão (para o escrever)**

Visto

Eng. Diretor

Eng. Chefe da Divisão

LEI 295 DE 11 DE JULHO DE 1959

VIDE VERSO

Art. 171 - Antes de qualquer construção no alinhamento do logradouro público e a ele de um metro (1 metro), o profissional responsável pela execução da obra deverá verificar o alinhamento e o cote da obra, e antes e depois da mesma verificação realizar-se no prazo máximo de três dias úteis, contados desde a data de emissão do processo no Departamento de Edificações.  
§ 1º - Quando se tratar de estrutura de concreto armado, o pedido de verificação de alinhamento e nivelamento será feito antes de concretadas as cravadas do pavimento térreo.  
§ 2º - Os marca de fechamento ficam a cargo e responsabilidade do autor, e as verificações de alinhamento e nivelamento serão fornecidas com a subsc. do Engenheiro responsável.

7 - 47 - 50 x 100 - 1/59

Figura A1.2 – Alvará de construção do edifício EC 3 registra a data de início da obra

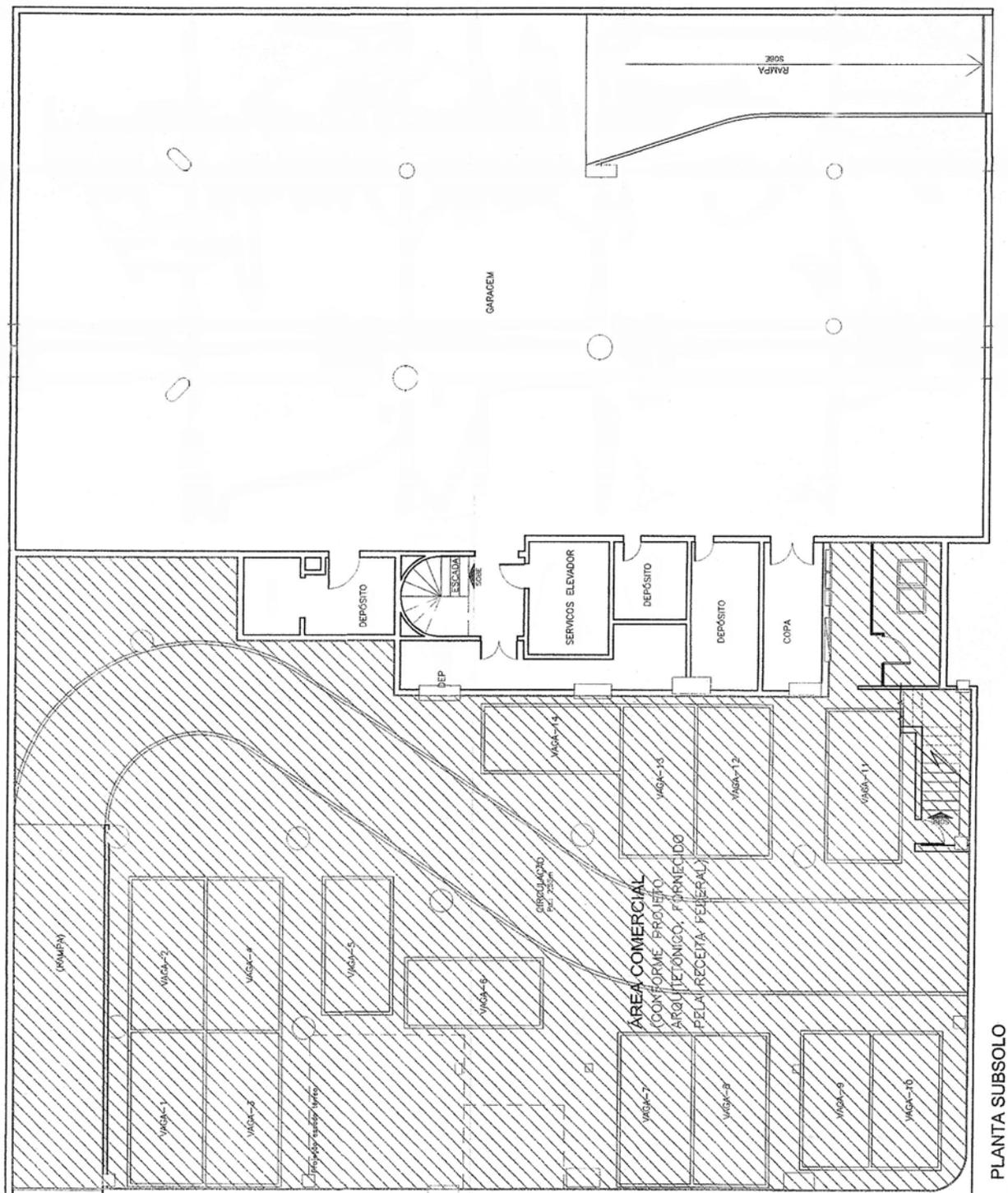


Figura A1.3 – Planta baixa do subsolo (sem escala) do edifício EC 3

Obs: A região hachurada corresponde à área destinada ao setor comercial

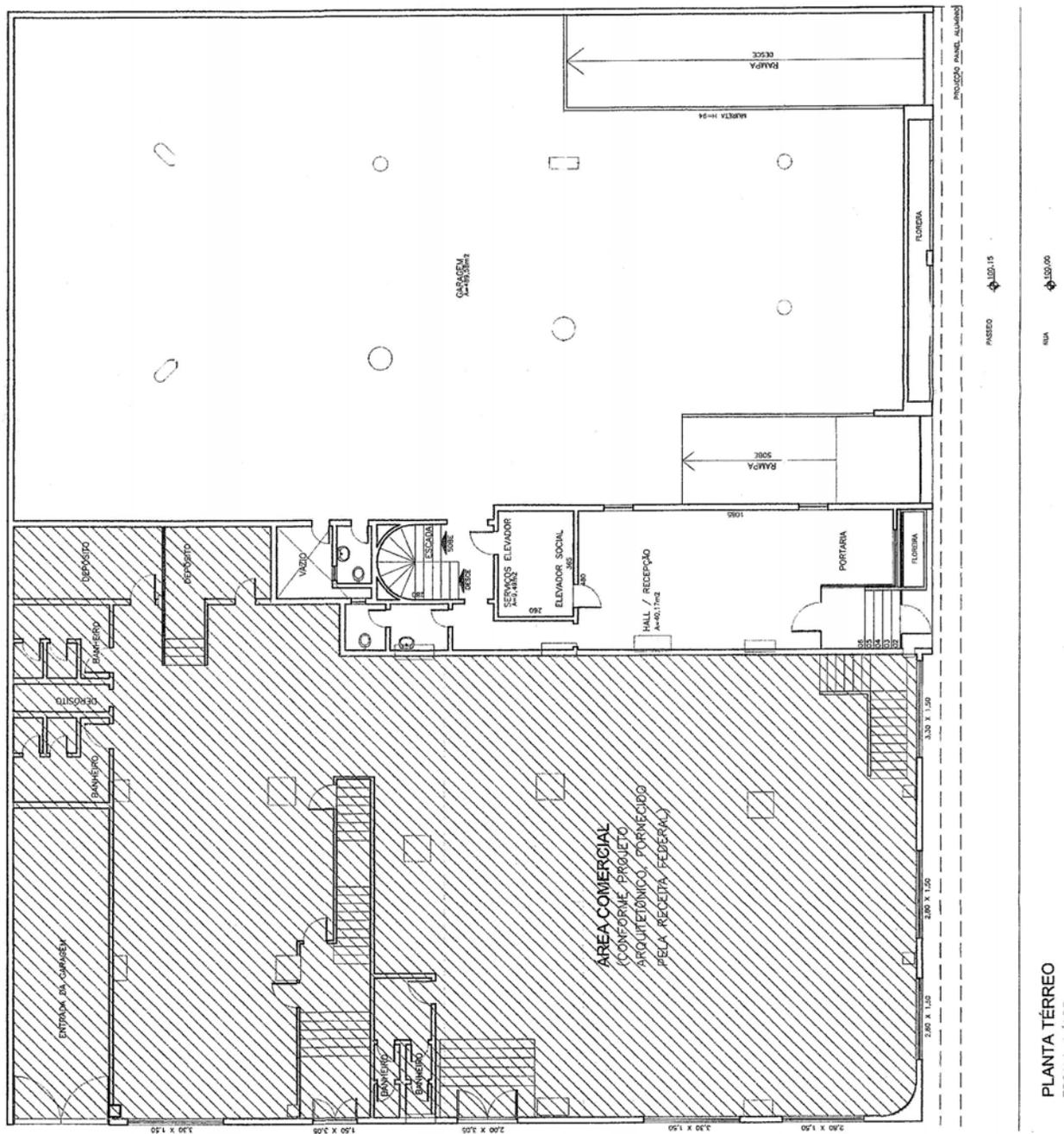


Figura A1.4 – Planta baixa do pavimento térreo (sem escala) do edifício EC 3

Obs: A região hachurada corresponde à área destinada ao setor comercial



Figura A1.5 – Planta baixa do pavimento tipo (sem escala) do edifício EC 3

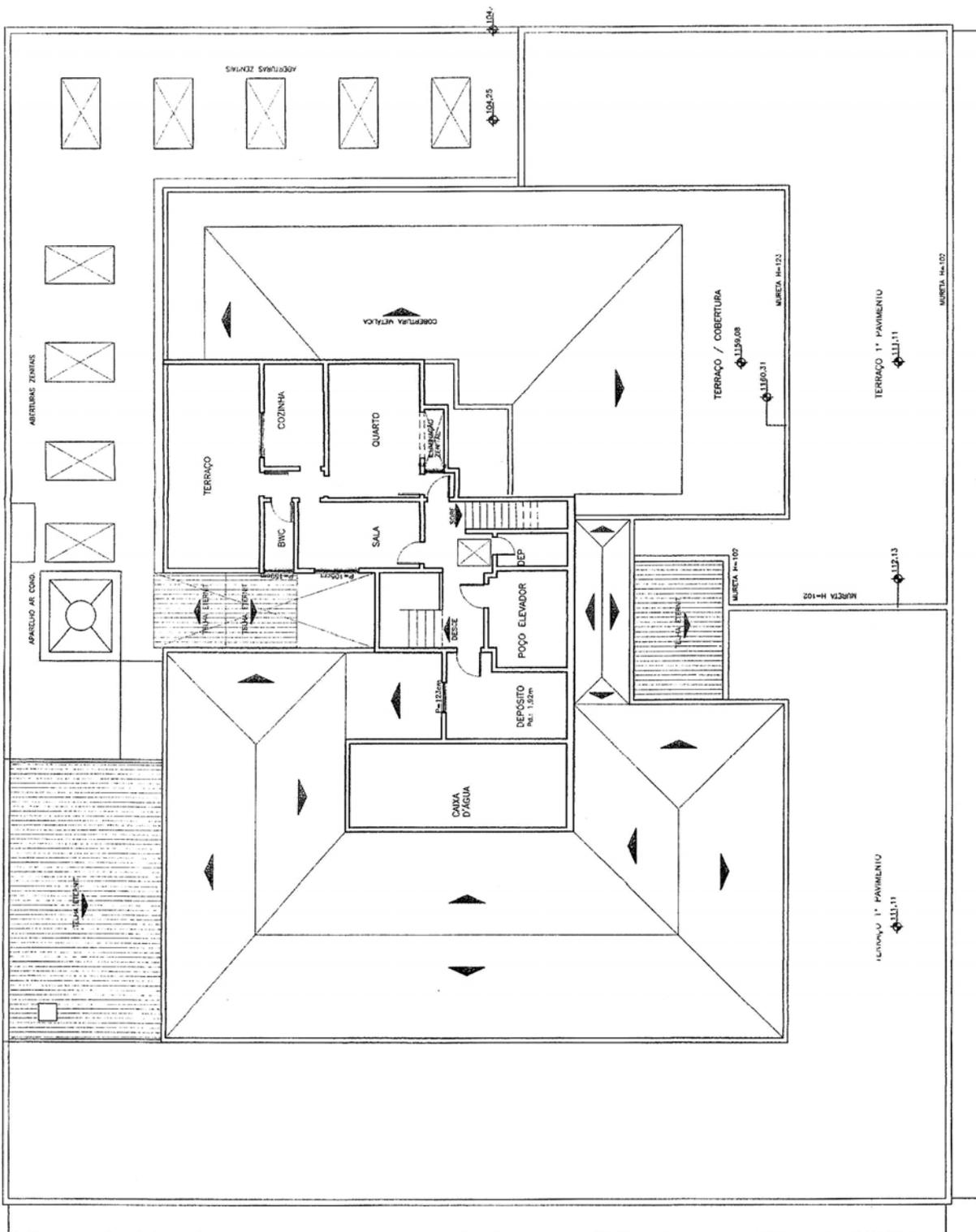


Figura A1.6 – Planta baixa do pavimento do apartamento de zelador (sem escala) do edifício EC 3

