Gilberto Adib Couri

PERÍCIAS DE ENGENHARIA

PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO

São Paulo – SP
2021

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Sistemas normatizados pela NBR 15575/2013 49

Figura 1.2 – Gráfico da importância da manutenção..... 65

Figura 1.3 – Gráfico da Lei de Sitter 66

Figura 3.1 – Adições ao cimento 91

Figura 3.2 – Escala de pH 98

Figura 3.3 – Diagrama da evolução da hidratação do cimento..... 99

Figura 4.1 – Ruptura por translação horizontal..... 105

Figura 4.2 – Ruptura por translação vertical 105

Figura 4.3 – Ruptura por rotação 106

Figura 4.4 – Esforços e tensões correspondentes 109

Figura 4.5 – Tensões nas seções transversais..... 110

Figura 4.6 – Círculo de Möhr uni e tri axial..... 111

Figura 4.7 – Fissuras à flexão – Bordo Inferior – quando o momento fletor solicitante ultrapassa a capacidade resistente da laje. 117

Figura 4.8 – Fissuras à flexão – Bordo inferior – laje com bordo engastado 117

Figura 4.9 – Fissuras à flexão – Bordo superior – quando o momento fletor solicitante ultrapassa a capacidade resistente da laje. A formação dessas fissuras começa junto aos bordos maiores (a), depois os menores (b) e finalmente fecha-se a elipse (c)..... 117

Figura 4.10 – Fissuras à flexão – Bordo superior – laje com bordo engastado 118

Figura 4.11 – Fissuras por falta de armação para resistir a momentos volventes 118

Figura 4.12 – Fissuras em lajes armadas numa só direção – As de origem em esforços ocorrem paralelamente ao maior lado, pois a laje se comporta como viga, no menor sentido 119

Figura 4.13 – Esquema de revestimento na laje 119

Figura 4.14 – Conformação da trinca – Planta baixa 120

Figura 4.15 – Corte esquemático da laje com contrapiso – Indicação dos dois binários resistentes formados pela armadura x concreto e armadura x argamassa 122

Figura 4.16 – Armadura de protensão – planta baixa 123

Figura 4.17 – Armadura de protensão – corte 123

Figura 4.18 – Ruína à punção – diagrama esquemático 132

Figura 4.19 – Evolução das fissuras oriundas de puncionamento. Primeiro formam-se as fissuras radiais (a), depois vão surgindo as primeiras fissuras concêntricas com o pilar (b), e posteriormente se agravam as fissuras concêntricas, quando começam a surgir os ferros da armadura negativa, e se está chegando à ruína (c) 132

Figura 4.20 – Após a fissuração – Situação pré-falimentar – Desagrega-se o cobrimento e há o destacamento da armadura superior 133

Figura 4.21 – Fissuras oriundas de armadura insuficiente para absorver o momento fletor solicitante positivo 136

Figura 4.22 – Fissuras oriundas de armadura insuficiente para absorver o momento fletor solicitante negativo 137

Figura 4.23 – Fissuras oriundas de armadura insuficiente para absorver o cisalhamento 138

Figura 4.24 – Fissuras em vigas sujeitas a cargas concentradas – Onde nascem pilares ou que recebam carga de outras vigas – a solicitação, tanto à flexão como ao corte é significativa, podendo surgir fissuração com uma ou outra conformação, às vezes, com ambas 139

Figura 4.25 – Fissuras devidas à torçã. 139

Figura 4.26 – Deformação excessiva com fissuração no bordo superior do balanço – Onde o momento negativo é máximo 142

Figura 4.27 – Deformação excessiva em balanço 143

Figura 4.28 – Insolação 147

Figuras 4.29 e 4.30 – Pilar executado fora do prumo 148

Figura 4.31 – "Embarrigamento" de peças por deficiência de engastalhamento..... 149

Figura 4.32 – Fissura lateral em viga alta. 149

Figura 4.33 – Concentração de ganchos numa seção. 150

Figura 5.1 – Pilha de corrosão eletrolítica no aço imerso em concreto. 158

Figura 5.2 – Carbonatação 161

Figura 5.3 – Fissura com chuva ácida. 164

Figura 5.4 – Secagem do sal Ca(HCO3)2 165

Figura 5.5 – Aparecimento de gramíneas 165

Figura 5.6 – Ataque dos íons cloreto à armadura 167

Figura 5.7 – Ataque dos íons cloreto à armadura 169

Figura 5.8 – Teor de cloretos nos locais de maior incidência no mundo..... 172

Figura 5.9 – Planta e corte da varanda 175

Figura 6.1 – Triângulo do fogo 182

Figura 6.2 – Abafamento. 183

Figura 6.3 – Resfriamento 183

Figura 6.4 – Isolamento 183

Figura 6.5 – Curvas tempo x temperatura padrão por normas internacionais e típica de incêndio real 196

Figura 6.6 – Efeitos do aumento de temperatura na armadura 198

Figura 6.7 – Evolução dos efeitos no concreto ao longo de um incêndio 200

Figura 7.1 – Gráfico de aplicação de um carregamento estático numa estrutura..... 213

Figura 7.2 – Gráfico de aplicação de um carregamento dinâmico numa estrutura 213

Figura 7.3 – Pressão máxima da onda em função da área de confinamento..... 215

Figura 8.1 – Teste de compressão diametral..... 237

Figura 9.1 – Delimitação da área de remoção do concreto 250

Figura 9.2 – Corte esquemático do preparo da região de intervenção..... 252

Figura 9.3 – Fixação da extremidade de barra de reforço..... 255

LISTA DE FOTOS

Fotos 1.1 e 1.2 – Exemplo de apresentação de foto em laudo de Patologia, com detalhe 68

Foto 4.1 – Acidente em Shenzem – China 105

Foto 4.2 – Antiga Basílica de Nossa Senhora de Guadalupe – México 106

Fotos 4.3 e 4.4 – Palácio de Belas Artes – México 106

Foto 4.5 – Torre de Pisa – Itália 107

Fotos 4.6 e 4.7 – Edifício Anêmona, Ubatuba – SP 107

Fotos 4.8 e 4.9 – Edifícios em Santos SP 108

Foto 4.10 – Acidente em Xangai – China 108

Foto 4.11 – Fissura por momento volvente. 118

Fotos 4.12, 4.13 e 4.14 – Espessura de revestimento no teto e no piso 120

Fotos 4.15, e 4.16 – Armadura negativa sem cobrimento e com comprimento insuficiente 121

Fotos 4.17 e 4.18 – Cabos de protensão na face inferior da laje – 2 extremidades 124

Foto 4.19 – Cabos de protensão na face superior da laje – ancoragem ativa 124

Fotos 4.20 e 4.21 – Ancoragem viva e protensão executada 124

Foto 4.22 – Rodapé e contrapiso removidos 125

Foto 4.23 – Fissura na periferia da laje da sala 125

Fotos 4.24 a 4.26 – Detalhes da fissura de entorno da laje, formando a elipse de ruptura 126

Foto 4.27 – Sulcos feitos na laje com disco de corte, cuidando-se para não atingir a ferragem 126

Foto 4.28 – Preenchimento dos sulcos com cola epóxi, uma vez finalizada a limpeza dos sulcos por sopro 127

Foto 4.29 – Sulcos prontos para receber a fita de carbono, cola epóxi colocada... 127

Foto 4.30 – Sulcos com a fita de carbono 128

Foto 4.31 – Sulcos com a fita de carbono 128

Foto 4.32 – Detalhe de fitas de carbono em diversas larguras, com e sem revestimento à aderência 128

Fotos 4.33 a 4.34 – Fissuras coladas com cola acrílica estrutural metacrilato 129

Foto 4.35 – Piscina 129

Fotos 4.36 e 4.37 – Fissuras no fundo da piscina, de forma elíptica, indicando a exaustão de sua capacidade estrutural 130

Fotos 4.38 e 4.40 – Reforço da laje de fundo em fibra de carbono 131

Foto 4.41 – Exemplo de acidente oriundo de puncionamento 133

Fotos 4.42 e 4.43 – Exemplos de situações oriundas do puncionamento..... 133

Foto 4.44 – Exemplo de acidente oriundo de puncionamento 134

Foto 4.45 – Pilar muito comprimido 135

Foto 4.46 – Exemplo de compressão excessiva do bordo comprimido da viga, com flambagem da ferragem 135

Foto 4.47 – Exemplo de flexo-compressão 136

Fotos 4.48 e 4.49 – Viga fletida em situação pré-falimentar..... 136

Foto 4.50 – Viga fissurada devido ao momento fletor negativo 137

Foto 4.51 a 4.53 – Exemplos de vigas em situação de ruptura pelo esforço cortante.....138

Foto 4.54 – Viga de transição, com fissura devida ao esforço cortante a partir do pilar que nasce 139

Foto 4.55 – Prédio de britagem primária 141

Foto 4.56 – Britador primário 141

Foto 4.57 – Pilar sujeito a vibração intensa 141

Foto 4.58 – Fissura horizontal 141

Fotos 4.59 e 4.60 – Fissura na laje na base do equipamento 142

Foto 4.61 – Balanço excessivamente carregado e deformado 143

Fotos 4.62 e 4.63 – Balanço excessivamente carregado e deformado..... 143

Fotos 4.64 a 4.66 – Falência estrutural de varanda, com ruína sucessiva 144

Fotos 4.67 e 4.68 – Vista da escada e da fissura à flexão, no meio do vão..... 144

Fotos 4.69 e 4.70 – Vista da escada após ruína e vista da ruptura sucessiva 145

Fotos 4.71, 4.72 e 4.73 – Vista do prédio, a laje de cobertura acidentada e os pavimentos inferiores rompidos por ruptura sucessiva..... 145

Foto 4.74 – Fissura lateral por deficiências de armadura de costela 150

Foto 4.75 – Fissuração em forma de mapa 151

Fotos 4.76 e 4.77 – Lajes desgastadas por abrasão 152

Fotos 4.78 e 4.79 – Erosão em pilar de atracadouro..... 153

Foto 4.80 – Cavitação – Cobrimento "descolou" por pressão interna 153

Foto 4.81 – Escamação superficial do concreto devido à alternância de congelamento e descongelamento 154

Fotos 5.1 e 5.2 – Armadura corroída por carbonatação..... 162

Foto 5.3 e 5.4 – Ferragem oxidada por corrosão em fresta, na base de pilar..... 162

Fotos 5.5 a 5.7 – Armadura na base de pilares externos, corroída por carbonatação. 163

Fotos 5.8 e 5.9 – Armadura na base de pilares no interior de garagens, corroída por carbonatação..... 163

Fotos 5.10 e 5.11 – Armadura corroída por carbonatação 163

Fotos 5.12 a 5.15 – Armadura corroída por carbonatação..... 164

Foto 5.16 a 5.18 – Aparecimento do musgo 165

Fotos 5.19 e 5.21 – Gramíneas..... 166

Fotos 5.22 e 5.24 – Gramíneas..... 166

Fotos 5.25 e 5.27 – Armaduras de teto de reservatórios deterioradas por ação de íons cloreto. 168

Fotos 5.28 e 5.30 – Falência estrutural de fundo de piscina por ação de íons cloreto 169

Fotos 5.31 a 5.37 – Falência estrutural de pontilhão à beira mar por ação de íons cloreto 170

Foto 5.38 – Ferragem de viga, em prédio à beira mar, rompida pela oxidação oriunda de íons cloreto – Barra de reforço colocada 170

Fotos 5.39 e 5.40 – Perfil metálico em prédio, exposto a íons cloreto, com a formação de pits 171

Foto 5.41 – Localização do Ed. Andrea 172

Fotos 5.42 a 5.45 – Pilar com ferragem exposta e operário rompendo a seção transversal do pilar para realizar o restauro. Procedimento inadequado, provocou o rompimento da peça por excesso de carga 173

Foto 5.46 – Armadura totalmente seccionada por ação de íons cloreto. 174

Fotos 5.47 e 5.48 – Armadura negativa cortada, permanecendo a parte sã – Colocação de ferragem adicional para recomposição da capacidade resistente das vigas 175

Foto 5.49 – Fissuração de bloco de fundação afetado pela RAA 178

Foto 6.1 – Chama negra 192

Foto 6.2 – Chama branca 193

Foto 6.3 – Chama branca 193

Fotos 6.4 e 6.5 – Duas imagens do mesmo incêndio em momentos diferentes – Observe-se a mudança na cor da fumaça, o que mostra que a segunda foto (queima de material à base de plástico e outros hidrocarbonetos) corresponde a uma temperatura muito superior à primeira (queima de mobiliário em madeira e tecido) 194

Foto 6.6 – Fumaça em duas cores no mesmo momento 194

Foto 6.7 – Incêndio em Blumenau – origem elétrica – ver cor da chama 195

Foto 6.8 – Lascamento do concreto pelo pipocamento da água retida em seu interior, que vaporizou durante incêndio 198

Fotos 6.9 e 6.10 – Escamamento ("spalling") 199

Foto 6.11 – Concreto sinterizado..... 199

Foto 6.12 – Concreto sinterizado e fissuração de ordem térmica (por dilatação da armadura)..... 199

Fotos 6.13 a 6.16 – Pipocamento e laminação do concreto..... 202

Foto 6.17 – Identificação visual da colorimetria no concreto..... 203

Fotos 6.18 a 6.20 – Resultado da ação do fogo, observando-se escamação e pipocamento na superfície, além de expulsão do cobrimento pela dilatação da armadura.....204

Fotos 6.21 a 6.24 – Viga apresentando exaustão à flexão, devido à perda de capacidade resistente..... 205

Foto 6.25 – Viga apresentando fissura pela dilatação da armadura..... 206

Fotos 6.26 a 6.28 – Diferença na cor do concreto em função da diferença do tempo de exposição ao fogo..... 206

Fotos 6.29 e 6.30 – Expulsão do concreto pelo aumento de temperatura do aço ... 207

Fotos 6.31 e 6.32 – Expulsão do concreto pelo aumento de temperatura do aço 208

Foto 7.1 – Vista geral do Prédio 216

Foto 7.2 – Vista em detalhe no local da explosão 216

Foto 7.3 – Vista em detalhe no local da explosão 216

Fotos 7.4 e 7.5 – Vista em detalhe da estrutura no local da explosão 217

Fotos 7.6, 7.7 e 7.8 – Vista geral da edificação e detalhes da estrutura comprometida com a explosão..... 218

Foto 7.9 – Vista do dano gerado com a explosão..... 219

Foto 7.10 – Vista interna do apartamento danificado pela explosão 219

Foto 7.11 – Vista do prédio após a explosão 220

Fotos 8.1 e 8.2 – Teste à percussão 222

Foto 8.3 – Fissurômetro..... 224

Foto 8.4 – Acompanhamento de atividade de fissura com um Fissurômetro..... 224

Foto 8.5 – Cartão marcador 225

Foto 8.6 – Cartão marcador 225

Fotos 8.7 e 8.8 – Selo em gesso 226

Fotos 8.9 e 8.10 – Selo de vidro..... 226

Fotos 8.11 e 8.12 – Testemunho com pinos..... 227

Foto 8.13 – Identificação das armaduras 227

Fotos 8.14 e 8.15 – Lápis identificador de pH superficial 228

Fotos 8.16 e 8.17 – Identificação de pH no interior do concreto..... 228

Fotos 8.18 a 8.21 – Determinação do Potencial de Corrosão. 230

Fotos 8.22 a 8.25 – Determinação dos teores de cloretos e sulfatos. 231

Fotos 8.26 e 8.27 – Teste com fenolftaleína. 232

Fotos 8.28 e 8.29 – Teste com esclerômetro 234

Foto 8.30 – Teste de Penetração de Pinos 235

Fotos 8.31 a 8.33 – Exame com ultrassom 238

Fotos 8.34 a 8.35 – Termografia..... 239

Foto 9.1 – Argamassa flexível aplicada sobre chapa de isopor..... 245

Foto 9.2 – Pilar com barra de extremidade oxidada, provocando fissuração e expulsão do cobrimento 247

Foto 9.3 – Demolição mecânica 249

Fotos 9.4 e 9.5 – Áreas de intervenção corretamente delimitadas 250

Fotos 9.6, 9.7 e 9.8 – Áreas de intervenção incorretamente delimitadas 251

Foto 9.9 – Retirada do concreto 252

Fotos 9.10 e 9.11 – Limpeza da armadura..... 253

Foto 9.12 – Barras de aço limpas 253

Foto 9.13 – Fixação da extremidade de barra de reforço..... 255

Foto 9.14 – Barras com inibidor de corrosão 255

Foto 9.15 – Ânodos de sacrifício (a) sem envelopamento; (b) a (e) com envelopamento em argamassa 256

Fotos 9.16 a 9.18 – Outros dispositivos de proteção galvânica: (a) fio, (b) pino e (c) tela. 256

Foto 9.19 – Barras oxidadas com fios de proteção galvânica 257

Foto 9.20 – Barras oxidadas com tela de proteção galvânica 257

Foto 9.21 – Aplicação manual da argamassa 259

Foto 9.22 – Pilar encamisado e com proteção de tela galvânica 261

Foto 9.23 a – Pilar de seção circular cintado com fibra de carbono 262

Foto 9.23 b – Pilar de seção quadrada, com os cantos arredondados, cintado com fibra de carbono 262

Foto 9.24 – Exemplos de barra de carbono, lisa, com superfície preparada para melhor aderência e envolvida em aramida 263

Foto 9.25 – Exemplos de mantas de fibra de aramida e fibra de carbono 263

Foto 9.26 – Exemplos de fita de carbono 264

Foto 9.27 – Fita de carbono protendida, inclusive sua ancoragem 264

Foto 9.28 – Água com pressão infiltrando-se em parede de subsolo 266

Foto 9.29 – Inje**ção**o em parede de subsolo 266

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Incumbência pelo fornecimento inicial a cargo da construtora ou incorporadora – Incumbência pela renovação a cargo do proprietário ou condomínio 46

Tabela 1.2 – Exemplos de modelo não restritivos para a elaboração do programa de manutenção preventiva de uma edificação hipotética 48

Tabela 1.3 – GUT 71

Tabela 2.1 – Tabela de Orçamento Sintético 82

Tabela 2.2 – Quadro da origem das patologias nas estruturas 85

Tabela 2.3 – Principais causas das patologias 85

Tabela 3.1 – Aplicabilidade dos tipos de cimento 92

Tabela 3.2 – Classes de Agressividade Ambiental (CAA) 95

Tabela 3.3 – Fator água cimento mínimo por CAA. 96

Tabela 3.4 – Cobrimento por CAA. 96

Tabela 4.1 – Vida útil de projeto mínima e superior (VUP) 103

Tabela 4.2 – Categoria de vida útil de projeto para partes do edifício 103

Tabela 4.3 – Custo de manutenção e reposição ao longo da vida útil. 103

Tabela 4.4 – Critérios para o estabelecimento da VUP das partes do edifício. 104

Tabela 4.5 – Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental 115

Tabela 6.1 – Tabela de modos de extinção de incêndios 185

Tabela 6.2 – Pontos de Ignição de materiais..... 188

Tabela 6.3 – Pontos de Fusão de alguns materiais 188

Tabela 6.4 – Resistência ao fogo para paredes de alvenaria.....190

Tabela 6.5 – Resistência ao fogo para paredes de alvenaria..... 191

Tabela 6.6 – Cor da chama..... 192

Tabela 8.1 – Verificação da porosidade..... 229

Tabela 8.2 – Tabela de Probabilidade de Corrosão 230

Tabela 8.3 – Correlação da Resistência do Concreto e a Penetração de Pinos 234

Tabela 8.4 – Determinação da velocidade de propagação de onda ultrassônica 238

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO 35

INTRODUÇÃO 37

CAPÍTULO 1

ENGENHARIA LEGAL – CONCEITOS BÁSICOS 39

1.1 ENGENHARIA LEGAL E A INSPEÇÃO DAS EDIFICAÇÕES 39

1.2 NORMAS 42

1.3 INSPEÇÃO PREDIAL 52

1.4 RESPONSABILIDADE CIVIL 59

1.5 MANUTENÇÃO 63

1.5.1 Manutenção preventiva x corretiva 64

1.6 LAUDO TÉCNICO 67

1.6.1 Laudo extrajudicial 67

1.6.2 GUT – Gravidade, Urgência e Tendência 70

1.6.3 Laudo Judicial 72

1.6.3.1 Processo Judicial 73

1.6.4 Apresentação do laudo 74

CAPÍTULO 2
A ESTRUTURA NA EDIFICAÇÃO 81

2.1 PATOLOGIA NAS ESTRUTURAS – CAUSAS 84

CAPÍTULO 3
O CONCRETO 89

3.1 O MATERIAL 89

3.2 FATORES QUE INFLUENCIAM A QUALIDADE DO CONCRETO 89

3.3 CIMENTO 90

3.4 ADITIVOS 94

3.5 FATOR ÁGUA X CIMENTO 94

3.6 ATUAÇÃO DA ÁGUA NO CONCRETO 98

CAPÍTULO 4
DANOS DE ORIGEM FÍSICA 101

4.1 EXIGÊNCIAS DE QUALIDADE NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO 101

4.2 ESFORÇOS E TENSÕES 104

4.2.1 Translação horizontal 104

4.2.2 Translação vertical 105

4.2.3 Rotação 106

4.3 ESTADOS LIMITES ÚLTIMO OU DE SERVIÇO 111

4.3.1 Segurança 112

4.3.2 Estados limite 113

4.3.2.1 Fase elástica 113

4.3.2.2 Fase elástica com início de formação de fissuras (ELS-F) 113

4.3.2.3 Fase elástica com fissuração na região de tração 114

4.3.2.4 Fase plástica 114

4.4 PATOLOGIAS DE ORIGEM MECÂNICA 115

4.5 SOLICITAÇÕES 116

4.5.1 Lajes 116

4.5.2 Casos práticos de patologias em lajes 119

4.5.2.1 Recuperação com protensão externa 119

4.5.2.2 Laje em pré-ruína – recuperação com fitas de carbono 125

4.5.2.3 Piscina em cobertura – recuperação com fibra de carbono 129

4.5.3 Classificação de lajes 131

4.5.4 Punção 132

4.5.5 Pilares e vigas 134

4.5.6 Impacto, vibração e carregamento cíclico 140

4.5.6.1 Caso prático – Estrutura sujeita à vibração e carregamento cíclico 141

4.5.6 Varandas em balanço e marquises 142

4.5.7 Ruptura sucessiva 143

4.5.8 Variação de temperatura 146

4.5.9 Recalque diferencial 147

4.5.10 Problemas com formas 148

4.5.11 Fissuras horizontais em vigas 149

4.5.12 Concentração de ganchos numa seção 150

4.5.13 Retração 151

4.5.14 Cristalização salina 151

4.5.15 Abrasão 152

4.5.16 Erosão 152

4.5.17 Cavitação 153

4.5.18 Incêndio 154

4.5.19 Congelamento 154

4.5.20 Explosão 154

4.5.21 Outras Causas 155

CAPÍTULO 5

DANOS DE ORIGEM QUÍMICA 157

5.1 CARBONATAÇÃO 159

5.2 ÍONS CLORETO (Ci^-) 167

5.3 SULFATO (SO_4^{2-}) 175

5.4 OUTRAS DETERIORAÇÕES 177

5.4.1 Reação Álcali-Agregado – RAA 177

5.4.2 Alumínio 179

5.4.3 Condensação de água 179

5.4.4 Excesso de insolação 179

5.4.5 Vento 179

5.4.6 Bacteriológica 180

CAPÍTULO 6

INCÊNDIO 181

6.1 CLASSES DE INCÊNDIO 185

6.2 A ORIGEM DO INCÊNDIO 186

6.2.1 Casos Práticos 192

6.2.1.1 Fumaça negra oriunda de hidrocarbonetos no incêndio de galpão da Av. Brasil 192

6.2.1.2 Fumaça branca oriunda de papel, tecido, madeira no incêndio do Museu da Língua Portuguesa – SP. 193

6.4 OS DANOS À ESTRUTURA 195

6.5 OBSERVAÇÕES COMPLEMENTARES 200

CAPÍTULO 7

EXPLOSÃO 209

7.1 ANÁLISE DOS IMPACTOS DA EXPLOSÃO 214

7.2 CASOS PRÁTICOS 215

7.2.1 Caso 1 215

7.2.2 Caso 2 217

7.2.3 Caso 3 219

CAPÍTULO 8
ENSAIOS E TESTES 221

8.1 EXAME À PERCUSSÃO 222

8.2 TESTES COM TESTEMUNHOS DE ATIVIDADE DE FISSURAS 223

8.2.1 Fissurômetro 223

8.2.2 Cartão marcador 224

8.2.3 Selo em gesso 225

8.2.4 Selo em vidro 226

8.2.5 Pinos 227

8.3 IDENTIFICAÇÃO DAS ARMADURAS 227

8.4 DETERMINAÇÃO DO PH SUPERFICIAL DO CONCRETO 228

8.5 DETERMINAÇÃO DO PH A UMA DETERMINADA PROFUNDIDADE 228

8.6 VERIFICAÇÃO DA POROSIDADE 229

8.7 DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE CORROSÃO – DDP 229

8.8 DETERMINAÇÃO DOS TEORES DE CLORETOS E SULFATOS 231

8.9 DETERMINAÇÃO DO AVANÇO DA FRENTE DE CARBONATAÇÃO 231

8.10 ENSAIOS INDIRETOS PARA AVALIAR A RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DO CONCRETO IN LOCO 232

8.10.1 Esclerometria 232

8.10.2 Cravação de pinos 234

8.10.3 Ensaio de aderência 235

8.11 ENSAIOS DIRETOS PARA AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO 236

8.11.1 Compressão 236

8.11.2 Tração 236

8.11.2.1 Compressão diametral 236

8.11.2.2 Tração Direta (corpo de prova) 237

8.12 ENSAIOS DE INTEGRIDADE DO CONCRETO 237

8.12.1 Ultrassom 237

8.12.2 Termografia infravermelha 238

8.13 OUTROS TESTES 239

CAPÍTULO 9
INTERVENÇÕES 241

9.1 RECUPERAÇÃO DE DANOS POR CAUSAS FÍSICAS 242

9.1.1 Desgaste superficial 242

9.1.2 Fissuras 244

9.1.2.1 Fissuras ativas 244

9.1.2.2 Fissuras passivas 245

9.2 RECUPERAÇÃO DE DANOS POR CAUSAS QUÍMICAS OU BIOLÓGICAS 246

9.2.1 Fissuras – Oxidação de armadura 247

9.2.1.1 Demarcação das regiões de intervenção 248

9.2.1.2 Demolição 248

9.2.1.3 Definição das regiões de intervenção 249

9.2.1.4 Retirada do concreto 252

9.2.1.5 Limpeza das armaduras (caso necessário) 253

9.2.1.6 Substituição ou reforço de barras de aço (caso necessário) 254

9.2.1.7 Preparo das armaduras a serem cobertas 255

9.2.1.8 Proteção catódica 256

9.2.1.9 Ponte de aderência 257

9.2.1.10 Saturação do substrato 258

9.2.1.11 Preparo da argamassa 258

9.2.1.12 Cura da argamassa 259

9.2.2 Sais de cálcio e magnésio 259
9.2.3 Sulfatos e RAA 260
9.2.4 Superfície contaminada por graxas e óleos 260
9.3 Reforço ou recuperação de armadura 260
9.4 Infiltrações 265

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 267

REFERÊNCIAS DIGITAIS 273

NOTAS 275

APRESENTAÇÃO

É digna de vibrante satisfação a iniciativa de Gilberto Adib Couri de nos oferecer estas referências fundamentais à análise e ao entendimento do desempenho das edificações, em especial no que toca às suas estruturas.

Na condição de professor e profissional de reconhecido destaque no meio técnico, em especial na área das perícias de engenharia, o autor aborda a matéria de forma abrangente com ponto de partida na Engenharia Legal e na importância do conhecimento de dispositivos legais e normativos aplicáveis a edificações e à atividade pericial.

A exposição é rica em informações e recheada de exemplos, o que lhe confere caráter eminentemente prático, como é da natureza de quem, como o autor, se dedica ao ensino. Essas qualidades são realçadas por texto objetivo e direto, como é do feitio dos bons peritos.

O sistema estrutural tem sua importância salientada por Couri que bem observa aspectos que o distingue frente a todos os demais, notadamente pela condição de garantir estabilidade e por isso mesmo, em hipótese alguma, poder falhar.

As estruturas de concreto armado, foco central da obra, são tratadas em detalhes, desde sua composição e do papel de cada um dos componentes até manifestações patológicas usualmente observadas, causas e efeitos esmiuçados, com trânsito pelas exigências de qualidade e pelo comportamento face a esforços e tensões.

Todas as possíveis gêneses de fatores capazes de afetar o desempenho do concreto são exploradas pelo autor, ao reunir informações preciosas para

a análise técnica de danos de origem física, química e biológica, sem deixar de lado fatores que comumente produzem efeitos de grande impacto, como é o caso dos incêndios e das explosões.

A atenção aos ensaios e testes, desde os mais simples até os mais complexos, é outro enfoque digno de destaque neste excelente trabalho por apresentar valioso leque de opções de apoio ao diagnóstico de comportamentos anômalos e à identificação dos respectivos nexos de causalidade.

Outro ponto explorado por Gilberto Couri, e que é alvo de grande interesse tanto para os profissionais da perícia quanto para engenheiros e arquitetos que se dedicam à recuperação estrutural, está focado nas intervenções que podem ser executadas para reforço ou para reparação. Roteiro de excepcional qualidade, com ilustrações, proporciona ao leitor desvendar os detalhes das ações necessárias às diversas modalidades de restauração.

"Perícias de Engenharia - Patologias em Estruturas de Concreto" certamente se tornará um marco na literatura técnica da engenharia brasileira. A riqueza da abordagem e a elevada qualidade das informações reunidas trazem para os profissionais que se dedicam à investigação de manifestações patológicas uma ferramenta que preenche importante espaço ainda não explorado em profundidade. Sem sombra de dúvida, a obra contribuirá significativamente para aprimorar trabalhos de consultoria e laudos periciais.

A formação diferenciada e o talento de Gilberto Adib Couri permitiram que isso tenha sido possível. Boa leitura.

Octavio Galvão Neto
Engenheiro civil

INTRODUÇÃO

A engenharia é uma atividade que se desenvolve continuamente, ampliando os limites do conhecimento humano, permitindo que as outras atividades do homem sejam possíveis e se ampliem também.

A engenharia civil, como parte desse contexto, acompanha essa expansão das fronteiras do conhecimento humano, viabilizando, cada vez mais, obras grandiosas.

Como todas as especialidades da engenharia, a civil, está cada vez mais entrelaçada com as demais, havendo uma complementariedade entre elas.

Uma visão da atuação da engenharia civil classifica suas atividades em três grandes categorias: obras pesadas, montagem industrial e edificações.

Delas, a considerada de menor porte é a de edificações, porém é a que demanda maiores cuidados, pois congrega uma diversidade de itens, distintos e usualmente mais frágeis e menos duráveis.

Após a Segunda Grande Guerra, a reconstrução de uma quantidade enorme de edifícios, e a recuperação de outros tantos, despertou a atenção para a necessidade constante de se preservarem os prédios como atividade organizada.

Este livro visa apresentar alguns aspectos, que ao longo dos anos concentraram nossas atividades e atenção, e foi alvo de estudos e aprendizado contínuos.

A Engenharia Legal, ramo em desenvolvimento e que desperta o interesse progressivo de profissionais, tem demandado de seus militantes,

conhecimentos e forma de atuar que, por nossas atividades profissionais, permitiram coletar alguns procedimentos e conhecimentos, compilados sob a forma de texto.

Na verdade, esse livro nasceu da cobrança dos alunos, que demandavam que se organizassem as informações apresentadas em sala de aula, para que as tivessem sempre disponíveis.

A patologia, ramo antigo na área médica, passou recentemente a permear as preocupações dos engenheiros, e é uma visão que "veio para ficar", e cada vez mais se faz necessária.

Hoje em dia há a clara percepção de que preservar edificações é importantíssimo e passa pela constatação que as demolir, para serem refeitas, tem, usualmente, obstáculos legais.

As legislações edilícias nas cidades ao longo do mundo, pelo crescente adensamento populacional, cada vez são mais restritivas, impedindo que se construam prédios de mesmo porte daqueles que seriam eventualmente demolidos.

Adicionalmente, o custo de se refazer um prédio, na maioria das situações, é muito superior ao custo de se reformar ("retrofitar", como se usa atualmente).

Para isso, é importante que se conheçam as causas da deterioração dos prédios, e a partir de um diagnóstico, se prescrevam as intervenções necessárias.

Esperamos que os profissionais, e principalmente os ex-alunos, possam tirar proveito desse texto e que ele os auxilie no desempenho de suas atividades profissionais.

CAPÍTULO

1 ENGENHARIA LEGAL – CONCEITOS BÁSICOS

Esse livro não é e nem pretende ser um livro de Direito, nem o autor é especialista no assunto, mas anos militando na área de engenharia legal nos levaram a colecionar um conjunto de informações que permitem auxiliar os profissionais atuantes na Engenharia Legal. Em algumas situações, poderia ajudar a orientar sua clientela da necessidade de buscar auxílio jurídico específico.

Isto esclarecido, é conveniente que o engenheiro que analisa uma situação de manifestação patológica estrutural tenha algum conhecimento do arcabouço legal que a acompanha.

1.1 ENGENHARIA LEGAL E A INSPEÇÃO DAS EDIFICAÇÕES

A Engenharia Legal é uma especialidade recente dentro da engenharia, e é bastante abrangente, pois congrega todas as outras especialidades, além de demandar conhecimentos específicos de áreas correlatas.

A visão primeira de quem se aproxima dessa especialidade é que ela está totalmente vinculada à área jurídica, sendo o apoio técnico que baseia e serve de suporte a uma enorme gama de demandas, algumas jurisdicionalizadas, e outras resolvidas em fase anterior, pela demonstração técnica de uma ocorrência fática indiscutível.

Na verdade, além dessas situações, existe uma gama bem maior de atividades aí contidas, pois as vistorias, análises e posteriores laudos técnicos ocorrem, em grande quantidade, também para orientar usuários submetidos a ocorrências que demandam atuação, intervenção ou organização, sem que esteja envolvida uma demanda ou uma disputa.

O profissional que atua na área de Engenharia Legal necessita de um conhecimento mínimo em normas e na legislação específica.

O primeiro ponto a ser abordado é a hierarquia das leis. Todos sabem que a lei máxima do país é a Constituição, e nenhuma lei, em qualquer instância, pode contrariá-la. Seu guardião é o Supremo Tribunal Federal. A partir daí, existem inúmeras leis, nas diversas instâncias, federal, estadual e municipal, que tratam de assuntos diversos, inclusive muitas voltadas para as edificações e seus problemas.

Quando se fala em hierarquia das leis, o que se quer dizer é que existem leis que não podem contrariar outras, pré-existentes, de instância superior. Por exemplo, uma lei estadual não pode ir contra o que preceitua uma lei federal, de mesmo modo, uma municipal não pode contrariar uma estadual.

Dentro desse contexto, as leis que ficam imediatamente a seguir da Constituição são as leis ordinárias – os Códigos[1]. Um dos que particularmente interessa conhecer é o Código do Processo Civil, Lei 13.105/15, que em seu artigo 473, dentre outros aspectos, disciplina, na área jurisdicional, o conteúdo exigido de um laudo pericial.

> Art. 473. O laudo pericial deverá conter:
> I – a exposição do objeto da perícia;
> II – a análise técnica ou científica realizada pelo perito;
> III – a indicação do método utilizado, esclarecendo-o e demonstrando ser predominantemente aceito pelos especialistas da área do conhecimento da qual se originou;
> IV – resposta conclusiva a todos os quesitos apresentados pelo juiz, pelas partes e pelo órgão do Ministério Público.
> §1º No laudo, o perito deve apresentar sua fundamentação em linguagem simples e com coerência lógica, indicando como alcançou suas conclusões.

[1] Por exemplo: Código Civil, Código do Direito do Consumidor, Código do Processo Civil, Código Tributário, Código Florestal, Código Penal, e outros mais.

> §2º É vedado ao perito ultrapassar os limites de sua designação, bem como emitir opiniões pessoais que excedam o exame técnico ou científico do objeto da perícia.
> §3º Para o desempenho de sua função, o perito e os assistentes técnicos podem valer-se de todos os meios necessários, ouvindo testemunhas, obtendo informações, solicitando documentos que estejam em poder da parte, de terceiros ou em repartições públicas, bem como instruir o laudo com planilhas, mapas, plantas, desenhos, fotografias ou outros elementos necessários ao esclarecimento do objeto da perícia.

Outro ponto importante a ser observado é o que preceitua o artigo 39 do Código de Defesa do Consumidor, Lei 8.078/90:

> Art. 39. É vedado ao fornecedor de produtos ou serviços, dentre outras práticas abusivas:
> ...
> VIII – 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 (Conmetro);

Muito embora não sejam leis, as normas publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT passam a ter força de lei, e devem ser atendidas.

O arcabouço normativo no âmbito da ABNT é grande, e em expansão, produzindo-se normas que disciplinam e orientam as atividades de serviços e de produtos, exigindo um padrão mínimo a ser obedecido.

Se for analisado, historicamente, o que ocorreu, a ABNT, desde os primórdios da década de 1940 começou a produzir normas, mas o fez de forma tímida e muito limitada.

Apenas a partir da década de 1980, com um esforço estimulado pelo antigo BNH (Banco Nacional da Habitação), é que se empreendeu um esforço no sentido de se produzirem padrões de qualidade mínima para os produtos e serviços. Isso veio num sentido único, atendendo a uma necessidade da sociedade.

Mas as mudanças não pararam por aí, pois o desenvolvimento tecnológico é crescente e veloz, fazendo com que atualizações nos padrões

normativos fossem modernizados, e outros criados. Ainda hoje há normas em vigor com mais de 20 anos, necessitando de rápida atualização.

A ABNT, cônscia dessa situação, promove a tentativa, e tem como meta, que todas as normas brasileiras tenham seus textos revistos com interstício de tempo não superior a 5 anos. Assim, a ABNT, seguindo as práticas internacionais de normatização, de maneira a buscar a manutenção de seu acervo e assegurar a atualização técnica do conteúdo de suas Normas Brasileiras, consulta as partes interessadas responsáveis pela elaboração do documento técnico, no período imediato ao de cinco anos da sua publicação, ou da última confirmação do texto da Norma Brasileira. Este processo é denominado Análise Sistemática.

Essa análise consiste na avaliação de um texto de norma existente, a cada cinco anos, verificando se o mesmo precisa ser revisto, ou basta uma mera confirmação de sua conformidade, fazendo do antigo conteúdo, como novo. Assim, a sociedade sabe que tal texto está válido por novo período quinquenal. Esse procedimento ainda está em fase de implementação.

Para os profissionais atuantes em engenharia legal, existem algumas normas que se revestem de muita importância, pois disciplinam temas que envolvem diretamente a atividade.

Alguns pontos de algumas dessas normas serão analisados aqui.

1.2 NORMAS

A ABNT tem atualizado textos de normas e produzido novos textos, procurando auxiliar e orientar a atividade técnica, mas nem tudo que o profissional necessita está normatizado. Para complementar o atendimento a essa demanda, o IBAPE, Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia, tem divulgado padrões, que, em alguns casos, servem de base para a produção de novas normas brasileiras.

Existem algumas normas voltadas para o mercado de edificações, que interessam particularmente à atividade de engenharia legal.

A primeira delas é a NBR 14037/2011 – "Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos"

Essa norma exige que o construtor/incorporador forneça, no ato da entrega das chaves de um imóvel novo, um manual, em duas versões, quais sejam: uma discorrendo sobre as áreas privativas e outra sobre a área comum do condomínio:

> 5.7.5.1 A elaboração do manual, objeto desta Norma, deve ser feita por empresa ou responsável técnico. A entrega do manual deve ser feita pela incorporadora ou construtora.
> 5.7.5.2 Em edificações condominiais devem ser entregues, no ato da entrega das chaves:
> a) Aos primeiros proprietários, um exemplar do manual com informações sobre cada área de uso privativo, incluindo também informações julgadas necessárias sobre sistemas, elementos e componentes, instalações e equipamentos de áreas comuns;
> b) Ao primeiro representante legal do condomínio, um exemplar do manual específico às áreas comuns e seus equipamentos, incluindo o conjunto completo de projetos atualizados "como construídos" e especificações técnicas, indicados no Anexo A.
> Fonte: NBR 14037/2011

Mais adiante será abordado o conteúdo desse Anexo A citado, que é de suma importância ser consultado pelo engenheiro, ao iniciar a vistoria de uma edificação.

A norma prossegue, esclarecendo que atualizações periódicas desses manuais devem ser feitas, principalmente quando há reformas ou modificações de uso. É usual ocorrerem tais situações, mas seus responsáveis não se atentam para essa obrigatoriedade. Em consequência, provocam obrigações legais aos proprietários e síndicos.

> 5.7.6 Atualização do manual
> O manual deve conter uma advertência explícita e grifada ao proprietário ou condomínio a respeito de sua responsabilidade pela atualização obrigatória do conteúdo do manual quando da realização de modificações na edificação em relação ao originalmente construído e documentado no manual original.
> Fonte: NBR 14037/2011

Em complemento a esta advertência, deve-se pelo menos:

a) expressar que a atualização deve necessariamente incluir a revisão e correção de todas as discriminações técnicas e projetos da edificação, além da revisão do manual;
b) informar que a atualização do manual pode ser feita na forma de encartes que documentem a revisão de partes isoladas, identificando-se no corpo do manual os itens revisados, ou na forma de uma nova estrutura do manual, dependendo da intensidade das modificações realizadas na edificação;
c) informar que a atualização do manual é um serviço técnico, que deve ser realizado por empresa ou responsável técnico;
d) recomendar ao proprietário da edificação ou condomínio que as versões desatualizadas do manual sejam claramente identificadas como fora de utilização, devendo, porém, serem guardadas como fonte de informações sobre a memória técnica da edificação.

É importante observar que a exigibilidade da existência dos Manuais é para prédios entregues aos usuários após 30 de abril de 1998, quando a NBR 14037 teve sua validade estabelecida.

Outra norma que deve chamar a atenção dos profissionais é a NBR 5674/2012 – "Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção".

Logo no início do texto, estabelece:

> 1 Escopo
> Esta Norma estabelece os requisitos para a gestão do sistema de manutenção de edificações.
> A gestão do sistema de manutenção inclui meios para:
> a) preservar as características originais da edificação;
> b) prevenir a perda de desempenho decorrente da degradação dos seus sistemas, elementos ou componentes;
> c) **Edificações existentes antes da vigência desta Norma devem se adequar ou criar os seus programas de manutenção atendendo ao apresentado nesta Norma.** (grifo do Autor)
> Os anexos desta Norma apresentam exemplos de modelos não restritivos ou exaustivos a serem adaptados em função das características específicas da edificação.
> Fonte: NBR 5674/2012

Assim, todo e qualquer prédio tem a obrigação de ter seu Programa de Manutenção Preventiva, independentemente de sua idade ou porte, mesmo que a edificação seja anterior à publicação da norma.

Essa norma, em seu item 8, atribui de forma clara, ao síndico ou proprietário, a responsabilidade pela confecção, manutenção e atendimento a esse Programa.

> 8 Incumbências ou encargos
> 8.1 O proprietário de uma edificação, o síndico ou a empresa terceirizada responsável pela gestão da manutenção deve atender a esta Norma, às normas técnicas aplicáveis e ao manual de uso, operação e manutenção da edificação.
> 8.2 O proprietário de uma edificação ou o condomínio deve fazer cumprir e prover os recursos para o programa de manutenção preventiva das áreas comuns.
> Fonte: NBR 5674/2012

É importante notar que a NBR 5674/2012 se reporta diretamente à NBR 14037/2011, informando que inspeções e atividades de manutenção (que servem como base para a elaboração do Programa de Manutenção Preventiva) devem ser discriminadas nos respectivos manuais (do proprietário e de áreas comuns).

Prosseguindo com o prescrito na NBR 5674/2012, tem-se:

> 4.2.1 As inspeções devem ser feitas atendendo aos intervalos constantes do manual elaborado conforme a ABNT NBR 14037 e do programa de manutenção de cada edificação.
> ...
> 4.3.4 Esta Norma apresenta modelos de sistematização das atividades de manutenção a serem realizadas, e que são normalmente citadas no Manual do Proprietário e no Manual das Áreas Comuns entregues ao proprietário, atendendo à ABNT NBR 14037.
> 4.3.5 O Anexo A apresenta exemplos de modelos não restritivos para a elaboração do programa de manutenção preventiva. Contém sugestões com indicações de sistemas, para a periodicidade a ser ajustada em função das indicações dos projetos ou especificações técnicas.
> Fonte: NBR 5674/2012

Analisando o conteúdo dos Anexos das duas normas citadas, verifica-se que o Anexo A da NBR 14037/2011 apresenta a Tabela A.1, que relaciona a documentação que todo condomínio deve ter, e é de consulta obrigatória pelo profissional que vai vistoriá-la. Tem como conteúdo[2]:

Anexo A
(normativo)

Documentação técnica e legal do condomínio

Tabela 1.1 – Incumbência pelo fornecimento inicial a cargo da construtora ou incorporadora – Incumbência pela renovação a cargo do proprietário ou condomínio.

Documento	Incumbência pelo fornecimento inicial	Incumbência pela renovação	Periodicidade da renovação
Manual do proprietário	Construtora ou incorporadora	Proprietário	Pelo proprietário quando houver alteração na fase de uso
Manual das áreas comuns	Construtora ou incorporadora	Condomínio	Pelo proprietário quando houver alteração na fase de uso
Certificado de garantia dos equipamentos instalados	Construtora ou incorporadora	Condomínio	A cada nova aquisição/ manutenção

Fonte: NBR 14037/2011 – Tabela A.1

IMPORTANTE – A periodicidade de renovação e o conteúdo da própria Tabela A.1 devem ser ajustados, individualmente, em função das exigências locais da legislação municipal, estadual ou ainda da legislação federal vigente.
Os documentos elencados devem ser mantidos em local seguro e seu conteúdo somente deve ser utilizado para fins de garantia de funcionalidade do edifício e comprobatória de atendimento a quesitos legais.

Essa importante observação, finaliza a Tabela A.1 referida.

Outro ponto a ser observado, que envolve diretamente o anexo A da NBR 5674/2012, são os itens 6 e 7 da Norma:

[2] A Tabela A.1 tem 58 linhas, aqui estão exemplificadas apenas as 3 primeiras.

6 Requisitos para controle do processo de manutenção

7 Requisitos para a documentação

7.1...

A documentação do programa de manutenção deve incluir:

a) manual de uso, operação e manutenção das edificações conforme ABNT NBR 14037;
b) manual dos fornecedores dos equipamentos e serviços;
c) programa da manutenção;
d) planejamento da manutenção contendo o previsto e o efetivo, tanto do ponto de vista cronológico quanto financeiro;
e) contratos firmados;
f) catálogos, memoriais executivos, projetos, desenhos, procedimentos executivos dos serviços de manutenção e propostas técnicas;
g) relatório de inspeção;
h) documentos mencionados na ABNT NBR 14037:2011, Anexo A, em que devem constar a qualificação do responsável e os comprovantes da renovação;
i) registros de serviços de manutenção realizados;
j) ata das reuniões de assuntos afetos à manutenção;
k) documentos de atribuição de responsabilidade de serviços técnicos.

Fonte: NBR 5674/2012

O Anexo[3] citado vem apresentado da seguinte forma:

Anexo A (informativo)

Modelo para a elaboração do programa de manutenção preventiva

A.1 Sugestão das inspeções ou verificações para um edifício hipotético de acordo com a Tabela A1.

Tabela A.1 – Exemplos de modelo não restritivos para a elaboração do programa de manutenção preventiva de uma edificação hipotética

[3] A Tabela A.1 ocupa 5 páginas da norma. Aqui são apresentadas apenas as 2 primeiras linhas.

Tabela 1.2 – Exemplos de modelo não restritivos para a elaboração do programa de manutenção preventiva de uma edificação hipotética.

Periodicidade	Sistema	Elemento/ componente	Atividade	Responsável
A cada semana	Equipamentos industrializados	Sauna úmida	Fazer a drenagem de água no equipamento	Equipe de manutenção local
		Grupo gerador	Verificar após o uso do equipamento o nível de óleo combustível e se há obstrução nas entradas e saídas de ventilação	Equipe de manutenção local
	Sistemas hidrossanitários	Reservatórios de água potável	Verificar o nível dos reservatórios e o funcionamento das boias	Equipe de manutenção local
		Sistema de irrigação	Verificar o funcionamento dos dispositivos	Equipe de manutenção local
A cada 15 dias	Sistemas hidrossanitários	Bombas de água potável, água servida e piscinas	Verificar o funcionamento e alternar a chave no painel elétrico para utilizá-las em sistema de rodízio, quando aplicável	Equipe de manutenção local
	Equipamentos industrializados	Iluminação de emergência	Efetuar teste de funcionamento dos sistemas conforme instruções do fornecedor	Equipe de manutenção local
		Grupo gerador	Efetuar teste de funcionamento dos sistemas conforme instruções do fornecedor	Equipe de manutenção local

Fonte: NBR 5674 – Tabela A.1.

Importante relatar ainda a NBR 15575/2013 – Edifícios habitacionais – Desempenho. Essa norma é dividida em 6 partes.

Ela vem sendo utilizada de forma indiscriminada. Ela estabelece padrões mínimos de qualidade para as edificações habitacionais, garantindo segurança e conforto aos usuários. Consolida a percepção que, se adota progressivamente nas normas internacionais, em analisar a edificação como um conjunto de sistemas, de forma similar ao que a medicina faz com o corpo humano (sistema circulatório, sistema digestivo, etc.). Para exemplificar, o sistema hidrossanitário é analisado desde a entrada da água na edificação, passando pelo hidrômetro, pela cisterna, sendo bombeada para a caixa d'água superior, sendo distribuída para consumo, o esgoto das águas servidas, sua coleta e finalmente seu despejo para fora do prédio.

O que muitos profissionais não observam é que essa norma só é aplicável para prédios residenciais, e em situações específicas, conforme seu item 1.2 (constante nas suas 6 Partes):

> 1.2 Esta parte da ABNT NBR 15575 não se aplica a:
> - obras já concluídas,
> - obras em andamento na data da entrada em vigor desta Norma,
> - projetos protocolados nos órgãos competentes até a data[4] da entrada em vigor desta Norma,
> - obras de reformas,
> - retrofit de edifícios,
> - edificações provisórias.
>
> Fonte: NBR 15575/2013.

De forma sintética, no diagrama a seguir, são apresentados os sistemas que a NBR 15575 normatiza.

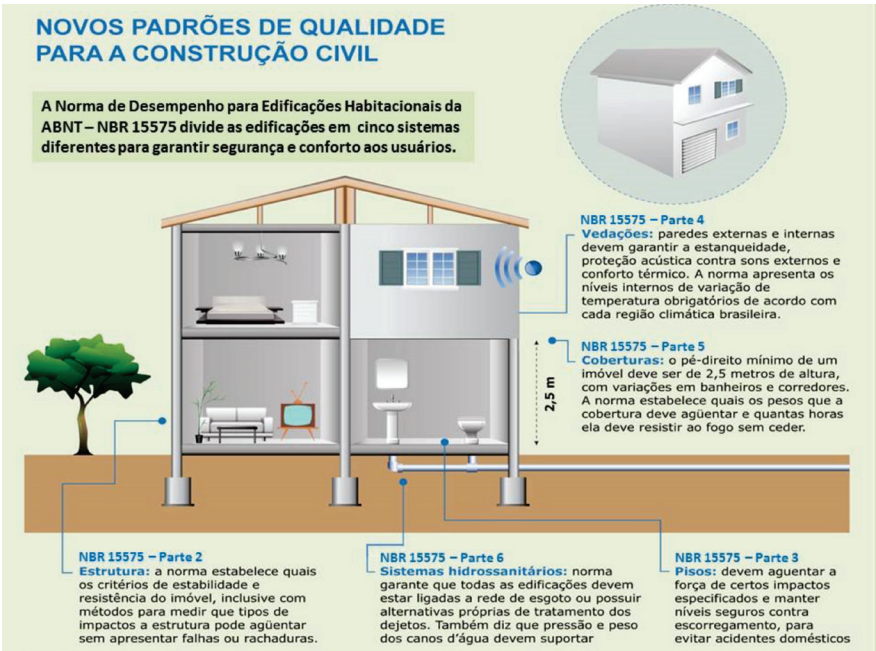

Figura 1.1 – Sistemas normatizados pela NBR 15575/2013.
Fonte: Guia CBIC.

[4] Essa data foi 19 de julho de 2013.

Essa norma atribui às ações de manutenção uma grande responsabilidade, conforme:

> Anexo C (informativo)
> Considerações sobre durabilidade e vida útil
> C.1 Conceituação
> A vida útil (service life) é uma medida temporal da durabilidade de um edifício ou de suas partes (sistemas complexos, do próprio sistema e de suas partes: sistemas, elementos e componentes).
> A vida útil de projeto (design life) é definida pelo incorporador e/ou proprietário e projetista, e expressa previamente.
> C.2 Determinação da vida útil de projeto
> ...
> Aos usuários é incumbido realizar os programas de manutenção, segundo ABNT NBR 5674, considerando as instruções do manual de uso, operação e manutenção e recomendações técnicas das inspeções prediais.
> Tabela C.6 – Exemplos de VUP aplicando os conceitos deste Anexo
> ...
> Para se atingir a VUP, os usuários devem desenvolver os programas de manutenção segundo ABNT NBR 5674. Os usuários devem seguir as instruções do manual de uso, operação e manutenção, as instruções dos fabricantes de equipamentos e recomendações técnicas das inspeções prediais.
> A inspeção predial configura-se como ferramenta útil para avaliação das condições de conservação das edificações em geral, para atestar se os procedimentos de manutenção adotados são insuficientes ou inexistentes, além de fornecer subsídios para orientar o plano e programas de manutenção, através das recomendações técnicas indicadas no documento de inspeção predial.[5]
> Fonte: NBR 15575/2013

A norma brasileira que trata das perícias de engenharia na construção civil é a NBR 13752, editada originalmente em 1996, com validade a partir de janeiro de 1997.

Uma revisão importante desta norma está em fase final de elaboração e deve ampliar sua abrangência e especificidade.

[5] Esse texto complementa a Tabela citada.