

**UNIVERSIDADE FERNANDO PESSOA**

**MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL**



**Inspeção e Reabilitação de Estruturas em Concreto Armado sob a ótica da  
Norma EN 1504**

**SÂMIA GOMES VELOSO**

**Porto**

**2018**



**UNIVERSIDADE FERNANDO PESSOA**

**MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL**



**Inspeção e Reabilitação de Estruturas em concreto armado sob a ótica da  
Norma EN 1504**

**SÂMIA GOMES VELOSO**

**Porto**

**2018**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL

---

SÂMIA GOMES VELOSO

Dissertação aprovada em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Presidente do Juri:

---

Arguente: Prof(a).

---

Orientador: Prof.

Nesta base, declaro por minha honra que o/a presente relatório/dissertação/tese é original, que o/a elaborei especialmente para este fim e que identifico devidamente todos os contributos de outros autores, bem como os contributos significativos de outras obras publicadas da minha autoria.

---

SÂMYA GOMES VELOSO

## **RESUMO**

O concreto armado tornou-se, desde a sua primeira utilização no final do século XIX, no material de construção mais utilizado no mundo e tem contribuído fortemente para o desenvolvimento da economia global. Discute-se a questão dos edifícios que, em não alcançando um desempenho mínimo pré-estabelecido, não atendem às exigências dos seus usuários. Levanta-se a necessidade da delimitação de todo um campo da engenharia, a Patologia das Construções para o estudo das falhas dos edifícios.

Para o momento em que os edifícios passam a apresentar patologias, deveria existir uma metodologia única, uma diretriz de procedimento de atuação em que o profissional de engenharia pudesse se apoiar. Este procedimento consistiria basicamente no levantamento do maior número possível de subsídios ao entendimento completo do quadro patológico, dos fenômenos ocorridos e grau de deterioração. A definição da conduta de reparo seria realizada a partir de princípios pré-estabelecidos e, então, a escolha da alternativa de intervenção.

Neste trabalho é apresentada um caso de estudo com as patologias mais frequentes no Centro Oeste brasileiro e os métodos de recuperação utilizados em contraste com técnicas universalizadas na União Europeia, a fim de se constatar a aplicabilidade destas no contexto brasileiro. Também será avaliado o grau de deterioração da estrutura (GDE) a fim de definir o prazo de recuperação e comparar com os parâmetros de grau de risco implementados pelo Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias em Engenharia (IBAPE).

**Palavras-Chave:** EN 1504, observação, diagnóstico, reabilitação/reforço, execução e inspeção em serviço de estruturas, GDE.

## **ABSTRACT**

Since its first use in the late 19th century, reinforced concrete has become the most widely used construction material in the world and has strongly contributed to the development of the global economy. We discuss the issue of buildings that, failing to achieve a pre-established minimum performance, do not meet the requirements of their users. The need arises for the delimitation of a whole field of engineering, the Pathology of Buildings for the study of building faults.

For the moment when the buildings begin to present pathologies, there should be a unique methodology, a guideline of procedure of performance in which the professional of engineering could be supported. This procedure basically consists in the survey of the greatest possible number of subsidies to the complete understanding of the pathological picture, the phenomena that occurred and the degree of deterioration; The definition of the repair behavior would be based on pre-established principles and then the choice of the intervention alternative.

This paper presents a case study with the most frequent pathologies found in the Brazilian Midwest and the recovery methods used in contrast to universalized techniques in the European Union, in order to verify the applicability of these in the Brazilian context. The degree of structural deterioration (GDE) will also be evaluated in order to define the recovery period and compare it with the parameters of degree of risk implemented by the Brazilian Institute of Engineering Assessments and Expertise (IBAPE).

**Keywords:** EN 1504, observation, diagnosis, rehabilitation / reinforcement, execution and in-service inspection of structures, GDE.

## **CITAÇÃO**

*“O destino dos construtores é produzir, a longo prazo, grandes desmoronamentos”*

Marguerite Yourcenar

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela paz que excede todo entendimento.

À família, pelo amor, suporte e paciência.

Ao meu marido, Rafael Veloso, por todo seu amor, compreensão, apoio e cuidado.

A professora Celeste Almeida pela orientação, incentivo e por renovar meu apreço por essa ciência.

A amiga Ana Caroline de Lima Gomes Cruvinel, por seu ânimo e apoio.

## **ÍNDICE GERAL**

<b>RESUMO .....</b>	<b>VI</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>VII</b>
<b>CITAÇÃO .....</b>	<b>VIII</b>
<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE GERAL .....</b>	<b>X</b>
<b>ÍNDICE FIGURAS .....</b>	<b>XIV</b>
<b>ÍNDICE TABELAS.....</b>	<b>XIX</b>
<b>ÍNDICE DE ORGANOGRAMAS .....</b>	<b>XXI</b>
<b>ÍNDICE DE FÓRMULAS.....</b>	<b>XXIII</b>
<b>ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>XXIV</b>
<b>ÍNDICE DE SÍMBOLOS .....</b>	<b>XXV</b>
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>3</b>
I.1 Apresentação das Normas Brasileiras.....	3
I.2 Conceitos Básicos .....	5
I.2.1 Durabilidade.....	5

I.2.2 Desempenho.....	8
I.2.3 Vida útil .....	12
I.2.4 Manutenção.....	14
I.2.5 Deterioração.....	17
I.3 Apresentação da EN 1504-9:2008 .....	18
I.4 Método de avaliação da estrutura focada na EN 1504-10:2008 .....	20
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>23</b>
II.1 Manifestações Patológicas.....	23
II.2 Risco e deterioração segundo a metodologia GDE .....	25
II.3 Causa de Defeitos no Concreto .....	32
II.3.1 Patologias Mecânicas .....	33
II.3.2 Patologias Físicas .....	34
II.3.3 Patologias Químicas .....	35
II.4 Causas de Defeito no Aço .....	36
II.4.1 Corrente Elétrica.....	36
II.4.2 Carbonatação .....	36
II.4.3 Contaminantes .....	37
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>38</b>
III.1 Princípios e Métodos relacionados com defeitos no Concreto .....	38
III.1.1 Proteção para conter o Ingresso.....	38
III.1.2 Controle de Umidade .....	40

III.1.3 Restauração do Concreto.....	42
III.1.4 Reforço Estrutural .....	43
III.1.5 Aumento da resistência Química e Física .....	45
<b>III.2 Princípios e Métodos relacionados com defeitos no Aço .....</b>	<b>48</b>
III.2.1 Proteger e Restaurar a Passividade.....	48
III.2.2 Aumentar da Resistividade.....	49
III.2.3 Controle e Proteção Catódica .....	51
III.2.4 Controle Anódico .....	53
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>55</b>
IV.1 Introdução .....	55
IV.2 Caracterização do Caso de Estudo .....	56
V.2.1 Caracterização da Edificação .....	56
IV.3 Metodologia .....	58
IV.4 Vistoria.....	62
IV.4.1 Juntas de dilatação superior nível -1 .....	63
IV.4.2 Laje da Garagem nível -1 .....	68
IV.4.3 Pilares do Pilotis sob o bloco “C” .....	70
IV.5 Análise, Deterioração e Risco.....	76
IV.5.1 Juntas de dilatação superior nível -1 .....	76
IV.5.2 Laje da Garagem nível -1 .....	78
IV.5.3 Pilares do Pilotis sob o bloco “C” .....	79
IV.5.4 Garagem Descoberta.....	80

IV.5.5 Deterioração .....	81
IV.5.6 Risco .....	93
IV.6 Tratamentos Especificados No Brasil .....	93
IV.6.1 Juntas de dilatação superior nível -1 .....	93
IV.6.2 Laje da Garagem nível -1 .....	95
IV.6.3 Pilares do Pilotis sob o bloco “C” .....	96
IV.6.5 Projeto Estrutural de Reforço .....	97
IV.7 Tratamentos Especificados na EN 1504-9:2008.....	106
V.7.1 Juntas de dilatação superior nível -1 .....	106
IV.7.2 Laje da Garagem nível -1 .....	107
IV.7.3 Pilares do Pilotis sob o bloco “C” .....	107
IV.7.4 Garagem Descoberta .....	107
<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>109</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>112</b>
<b>APÊNDICE I .....</b>	<b>.....</b>
<b>APÊNDICE II.....</b>	<b>.....</b>
<b>APÊNDICE III .....</b>	<b>.....</b>

## **ÍNDICE FIGURAS**

Figura 1 Evolução conceitual do projeto das estruturas de concreto .....	8
Figura 2 Relações existentes entre os conceitos de durabilidade do concreto e desempenho das estruturas .....	9
Figura 3 Considerações das Incertezas na VU das estruturas .....	12
Figura 4 Curva Idealizada de Deterioração da Estrutura .....	13
Figura 5 Recuperação do desempenho por ações de manutenção .....	14
Figura 6 Evolução dos custos pela fase de intervenção .....	16
Figura 7 Etapas previstas na EN 1504-9:2008 .....	22
Figura 8 – Origem dos problemas patológicos com relação às etapas de produção e uso das obras Cívicas em edificações no D.F. ....	24
Figura 9 Grau do dano (D) x Fator de intensidade do dano (Fi) para $F_p=5$ .....	29
Figura 10 Proteção para conter o Ingresso .....	38
Figura 11 Métodos para proteção para conter o Ingresso no concreto .....	40
Figura 12 Controle de Umidade .....	41
Figura 13 Métodos relacionados ao controle de umidade .....	41
Figura 14 Restauração do Concreto .....	42
Figura 15 Métodos relacionados a restauração do concreto .....	43
Figura 16 Reforço Estrutural .....	44
Figura 17 Métodos relacionados ao princípio de reforço estrutural .....	45

Figura 18 Aumento da resistência Química e Física.....	46
Figura 19 Métodos relacionados ao princípio de aumento da resistência química	47
Figura 20 Métodos relacionados ao princípio de aumento da resistência física ...	47
Figura 21 Proteger e Restaurar a Passividade .....	48
Figura 22 Métodos relacionados a proteção e restauração da passividade .....	49
Figura 23 Aumento da resistividade eléctrica do concreto. ....	50
Figura 24 Método relacionado ao aumento da resistividade eléctrica do concreto .....	51
Figura 25 Controle e Proteção Catódica .....	51
Figura 26 Método relacionado ao controle catódico.....	52
Figura 27 Métodos relacionados a proteção catódica .....	53
Figura 28 Controle Anódico.....	53
Figura 29 Métodos relacionados ao controle anódico.....	54
Figura 30 Visão Plana de Águas Claras - Brasília .....	56
Figura 31 Residencial João Aguiar Madeira.....	57
Figura 32 Fachada principal João Aguiar Madeira .....	58
Figura 33 Pilares Bloco "C" .....	59
Figura 34 Vista geral da Garagem .....	60
Figura 35 Infiltrações e sinais de corrosão na viga alinhada na direção dos pilares 302 C e 903 B.....	63

Figura 36 Mofo na pintura e sinais de corrosão da armadura na viga alinhada na direção dos pilares 302 C e 903 B.....	63
Figura 37 Deslocamento do concreto e sinais de corrosão da armadura na viga alinhada na direção dos pilares 302 C e 903 B .....	64
Figura 38 Infiltrações, estalactites e sinais de corrosão das armaduras na viga próxima às garagens 404 B e 901 A.....	65
Figura 39 Infiltrações, estalactites e sinais de corrosão das armaduras na viga próxima às garagens 404 B e 901 A.....	65
Figura 40 Estalactites na viga próxima às garagens 604 A e 401 A.....	66
Figura 41 Sinais de infiltração na viga próxima às garagens 604 A e 401 A. ....	67
Figura 42 Deslocamento do concreto, corrosão do aço e sinais de infiltração na viga próxima às garagens 604 A e 401 A. ....	67
Figura 43 Deslocamento do concreto, corrosão do aço e sinais de infiltração na viga próxima às garagens 604 A e 401 A. ....	68
Figura 44 Sinais de infiltração na laje de cobertura do 1º subsolo .....	69
Figura 45 Estalactites na laje de cobertura do 1º subsolo .....	69
Figura 46 Estruturas provisórias para conter a água da infiltração.....	70
Figura 47 Pilares, voltados para a garagem descoberta, que apresentam fissuras/trincas no revestimento argamassado.....	71
Figura 48 Corrosão das armaduras dos pilares ensaiados.....	71
Figura 49 Corrosão das armaduras dos pilares ensaiados.....	72
Figura 50 Cobrimento nominal do pilar do pilotis.....	73
Figura 51 Imagens da garagem descoberta .....	74

Figura 52 Fissuras/trincas no piso de concreto da garagem descoberta.....	74
Figura 53 Fissuras/trincas e deslocamento do piso de concreto da garagem descoberta.....	74
Figura 54 Orifício no piso de concreto da garagem descoberta.....	75
Figura 55 Danos apresentados na 1ª junta de dilatação da garagem descoberta, coincidente com a junta do alinhamento 404B e 901 A.....	75
Figura 56 Danos apresentados na 2ª junta de dilatação da garagem descoberta, coincidente com a junta do alinhamento 604 A e 401 A .....	76
Figura 57 Identificação total dos Elementos .....	86
Figura 58 Identificação Famílias de Cortinas .....	87
Figura 59 Identificação Famílias de Lajes .....	88
Figura 60 Identificação das Primeiras Famílias de Vigas .....	89
Figura 61 Identificação das Segundas Famílias de Vigas .....	90
Figura 62 Identificação das Famílias de Pilares.....	91
Figura 63 Identificação Família de Juntas de Dilatação .....	92
Figura 64 Aplicação da manta impermeabilizante nas juntas de dilatação.....	94
Figura 65 Seção da viga com junta de dilatação .....	98
Figura 66 Detalhe da Seção da Viga.....	98
Figura 67 Vigas à serem reforçadas na junta da garagem (Seção A).....	99
Figura 68 Vigas à serem reforçadas na junta da garagem (Seção B).....	100
Figura 69 Detalhe de reforço das vigas da garagem (Seção A) .....	100

Figura 70 Detalhe de reforço das vigas da garagem (Seção B) .....	101
Figura 71 Disposição dos pilares reforçados sob o bloco C .....	102
Figura 72 Reforço Pilar P3.....	103
Figura 73 Reforço Pilar P5.....	103
Figura 74 Reforço Pilar P7.....	104
Figura 75 Reforço Pilar P8.....	104
Figura 76 Reforço Pilar P10.....	105
Figura 77 Reforço Pilar P13.....	105

## **ÍNDICE TABELAS**

Tabela 1 Divisão da Norma EN 1504 .....	18
Tabela 2 Fator de intensidade do dano segundo a gravidade da manifestação .....	28
Tabela 3 Equações para cálculo do grau de dano .....	29
Tabela 4 Classificação dos níveis de deterioração do elemento pela metodologia .....	30
Tabela 5 Fatores de relevância estrutural (Fr) para famílias de elementos .....	31
Tabela 6 Classificação dos níveis de deterioração da estrutura pela metodologia .....	32
Tabela 7 Métodos para proteção para conter o Ingresso .....	39
Tabela 8 Métodos relacionados ao controle de umidade .....	41
Tabela 9 Métodos relacionados a restauração do concreto .....	43
Tabela 10 Métodos relacionados ao princípio de reforço estrutural .....	44
Tabela 11 Métodos relacionados ao princípio de aumento da resistência química e física .....	46
Tabela 12 Métodos relacionados a proteção e restauração da passividade .....	49
Tabela 13 Método relacionado ao aumento da resistividade eléctrica do concreto .....	50
Tabela 14 Métodos relacionados ao controle e proteção catódica .....	52
Tabela 15 Métodos relacionados ao controle anódico .....	54
Tabela 16 Famílias de elementos estruturais, danos e fatores de ponderação (Fp) .....	82

Tabela 17 Tipologia de fissuras em elementos de concreto armado (Estado Plástico e Endurecido) .....	83
Tabela 18 Tipologia de fissuras em elementos de concreto armado (Erros de Projeto, Execução ou Cargas excessivas) .....	84
Tabela 19 Classificações dos danos e fatores de intensidade (Fi ) .....	85
Tabela 20 Relação do Aço das Vigas.....	99
Tabela 21 Relação do Aço Pilares .....	106

## **ÍNDICE DE ORGANOGRAMAS**

Organograma 1 Metodologia .....	61
---------------------------------	----

## **ÍNDICE DE FLUXOGRAMAS**

Fluxograma 1 Fluxograma para avaliação do grau de deterioração de estruturas de concreto da metodologia GDE/UnB .....	27
Fluxograma 2 Esquema explicativo das causas e do ciclo das manifestações patológicas observadas nas estruturas do subsolo.....	78
Fluxograma 3 Esquema de como ocorre à infiltração nas vigas do subsolo da garagem coberta .....	80

## **ÍNDICE DE FÓRMULAS**

Equação 1 Grau de Deterioração.....	30
Equação 2 Grau de deterioração de uma família .....	31
Equação 3 Grau de deterioração da estrutura.....	32

## **ÍNDICE DE ABREVIATURAS**

**CODEPLAN** - Companhia de Planejamento do Distrito Federal

**EN** – Norma Europeia

**NBR** – Norma Brasileira

**UnB** – Universidade de Brasília

**GDE** – Grau de Deterioração da Estrutura

**ABNT** – Associação Brasileira de Normas e Técnicas

**IBAPE** – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia

**FIB** – *International Federation for Structural Concrete*

**VUP** – Vida Útil de Projeto

**VU** – Vida Útil

**IBAPE** – Instituto brasileiro de Perícia em Engenharia

## **ÍNDICE DE SÍMBOLOS**

**D** – Grau de dano

**Fi** – Fator de intensidade do dano

**Fp** – Fator de ponderação do dano

**Fr** – Fator de relevância estrutural

**Gd** – Grau de deterioração da estrutura

**Gde** – Grau de deterioração do elemento

**Gdf** – Grau de deterioração da família de elementos

**k** – Número de famílias de elementos que existem na edificação

**m** – Número de danos detectados no elemento

**n** – Número de elementos da família com  $Gde > 15$ .

## **INTRODUÇÃO**

A deterioração do concreto armado tem vindo a ser um fator de extrema importância em estruturas correntes. Com o uso generalizado deste material nas construções das últimas décadas, torna-se evidente a necessidade da sistematização da reabilitação das mesmas.

Por falta de conhecimento técnico, algumas das tentativas de reparação de patologias, revelam-se ineficazes ou insuficientes. Deste modo, a EN 1504 pretende minimizar lacunas relativas a metodologias e requisitos para os produtos e sistemas de proteção e reparação, assim como métodos e seus processos de aplicação.

Este documento procura a sistematização das principais patologias que ocorrem em estruturas de concreto armado e modo de atuação correspondente, avaliando também as fases do processo de reparação, incluídas na Parte 9 da EN 1504, bem como a sua aplicabilidade a situações reais, de acordo com a Parte 10 da mesma norma, com a apresentação de estudos de caso.

O capítulo I apresenta as normas que serviram de apoio ao desenvolvimento do presente trabalho, focando em conceitos relacionados com desempenho da estrutura e tipos de manutenção, bem como a relação entre as Normas Técnicas Brasileiras:

- NBR 15575 (Edificações Habitacionais — Desempenho)
- NBR 5674:2012 (Manutenção em edificações)
- NBR 5462:1994 (Confiabilidade e Manutenibilidade)
- NBR 13752:1996 (Perícias de Engenharia na Construção Civil)
- NBR 6118:2014 (Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento)
- NBR 14037:2014 (Manual de operação, uso e manutenção das edificações - Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação).

Neste capítulo também é apresentada a EN 1504-9:2008 (*Products and systems for protecting and repairing concrete structures. Definitions, requirements, quality control and conformity assessment*).

O capítulo II aborda as manifestações patológicas comumente encontradas em concreto armado e as características encontradas nos elementos afetados, também as causas e tipos de manifestações patológicas, mas também da estrutura do diagnóstico.

O capítulo III indica os princípios de tratamento de concreto e os métodos recomendados para reparo e tratamento de estruturas de concreto armado na União Europeia, baseado integralmente na norma EN 1504-9:2008 (*Products and systems for protecting and repairing concrete structures. Definitions, requirements, quality control and conformity assessment*).

O capítulo IV vai abordar um caso prático de Inspeção e Reabilitação e a formas de tratamento encontrada na EN 1504-9:2008, além de avaliar o grau de deterioração da estrutura em comparação com o conhecido parâmetro de gravidade implementado pelo IBAPE.

## **CAPÍTULO I**

### **I.1 Apresentação das Normas Brasileiras**

- NBR 15575 (Edificações Habitacionais — Desempenho)

A NBR 15575 – Edificações Habitacionais – Desempenho, publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, estabelece parâmetros técnicos para vários requisitos importantes de uma edificação, como desempenho acústico, desempenho térmico, durabilidade, garantia e vida útil, e determina um nível mínimo obrigatório para cada um deles. As regras privilegiam os benefícios ao consumidor e dividem responsabilidades entre fabricantes, projetistas, construtores e usuários. A norma NBR 15575 diz que níveis de segurança, conforto e resistência devem proporcionar cada um dos sistemas que compõem um imóvel: estrutura, pisos, vedações, coberturas e instalações.

A Norma contém seis partes: Requisitos Gerais (NBR 15.575-1); Sistemas estruturais (NBR 15.575-2); Sistemas de pisos (NBR 15.575-3); Sistemas de vedações verticais internas e externas (NBR 15.575-4); Sistemas de coberturas (NBR 15.575-5); e Sistemas hidrossanitários (NBR 15.575-6) e para cada um deles a norma estabelece critérios objetivos de qualidade e os procedimentos para medir se os sistemas atendem aos requisitos.

- NBR 5674:2012 (Manutenção em edificações) e NBR 14037:2014 (Manual de operação, uso e manutenção das edificações - Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação).

A publicação recente em Julho de 2012 da versão atualizada da NBR 5674 da ABNT proporciona, em relação à versão anterior de 1999, uma melhoria significativa na abordagem do assunto e avança ao esclarecer e delinear a metodologia de implantação além de explorar os aspectos associados à gestão do PROGRAMA DE MANUTENÇÃO nas edificações em geral, não contemplado objetivamente na versão anterior da norma. A metodologia da norma atual é desenvolvida através da apresentação de um fluxograma de documentos e detalhamento das etapas de trabalho, incluída a indicação da documentação necessária a ser produzida para

implantação do plano, seus respectivos controles e condições para o seu arquivamento, sempre sob a responsabilidade direta de proprietários ou síndicos.

A norma em pauta principia pela indicação da necessidade de disponibilização formal, ao primeiro proprietário, em caso de obras novas, ou ao síndico, em caso de condomínios novos, sempre pelo Incorporador/ Construtor, do Manual de uso operação e manutenção. Esse tema é tratado na publicação da ABNT, de Julho de 2011 pela NBR 14037 ( Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos). Destacando-se que mesmo as edificações mais antigas, anteriores à NBR 5674 de 2012, deveriam adequar ou criar seus programas de manutenção, visando a preservação das características originais da edificação, sem embargo da necessidade de reformas ou modernização das mesmas ao longo dos tempos, em atendimento à necessidade dos usuários em relação às inovações tecnológicas e exigências do próprio mercado imobiliário para os respectivos produtos disponíveis e em uso regular.

Ressalta-se que os requisitos propostos pela norma em análise devem prever a infraestrutura material, técnica, financeira e de recursos humanos para aplicação e desenvolvimento do programa de manutenção dos edifícios, atentando-se para a complexidade e peculiaridades de cada empreendimento em particular.

- NBR 5462:1994 (Confiabilidade e Manutenibilidade)

Esta Norma define os termos relacionados com a confiabilidade e a manutenibilidade, tais com defeitos, falhas e termos relacionados a manutenção.

- NBR 13752:1996 (Perícias de Engenharia na Construção Civil)

Esta Norma fixa as diretrizes básicas, conceitos, critérios e procedimentos relativos às perícias de engenharia na construção civil, bem como classifica o objeto quanto à natureza e define a metodologia básica aplicável, além de estabelecer os critérios a serem empregados nos trabalhos e prescreve diretrizes para apresentação de laudos e pareceres técnicos.

Esta Norma é exigida em todas as manifestações escritas de trabalhos periciais de engenharia na construção civil.

- NBR 6118:2014 (Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimento)

Esta Norma estabelece os requisitos básicos exigíveis para o projeto de estruturas de concreto simples, armado e protendido, excluídas aquelas em que se empregam concreto leve, pesado ou outros especiais. Estabelece também os requisitos gerais a serem atendidos pelo projeto como um todo, bem como os requisitos específicos relativos a cada uma de suas etapas. Não incluindo requisitos exigíveis para evitar os estados limites gerados por certos tipos de ação, como sismos, impactos, explosões e fogo. No caso de estruturas especiais ou estruturas que utilizam técnicas construtivas não convencionais, as condições desta Norma ainda são aplicáveis, devendo, no entanto, ser complementadas e eventualmente ajustadas em pontos localizados por Normas brasileiras específicas.

## **I.2 Conceitos Básicos**

### **I.2.1 Durabilidade**

Segundo a NBR 6118:2014, a durabilidade “consiste na capacidade de a estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e o contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto”. A mesma norma descreve ainda que, para atender às exigências de durabilidade as estruturas de concreto devem (NBR 6118:2014, p.13):

Ser projetadas e construídas de modo que sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconiza em projeto conservem suas segurança, estabilidade e aptidão de serviço durante o período correspondente à sua vida útil.

O conceito de durabilidade está diretamente ligado ao conceito de vida útil. A durabilidade está ligada também às características dos materiais e/ou componentes, às

condições de exposição e às condições de utilização impostas durante a vida útil da edificação. É importante destacar que a durabilidade não é uma propriedade intrínseca dos materiais, mas ainda uma função relacionada com o desempenho dos mesmos sob as condições ambientais à que está submetido. O envelhecimento da estrutura vai, então, ser resultado das alterações das propriedades mecânicas, físicas e químicas, tanto na superfície como no seu interior, em grande parte devida à agressividade do meio ambiente.

A durabilidade é, essencialmente, uma visão retrospectiva do desempenho de uma estrutura. A expectativa de que uma estrutura pode ser durável ou não só pode ser avaliada por meio da utilização de modelos que representem os processos de deterioração a que está suscetível, de forma que, para garantias do projeto, requer-se a utilização de metodologias de previsão de vida útil

De acordo com a ISO 13823 (2008), durabilidade é:

a capacidade de uma estrutura ou de seus componentes de satisfazer, com dada manutenção, os requisitos de desempenho do projeto, por um período específico de tempo sob influência das ações ambientais, ou como resultado do processo de envelhecimento natural.

A degradação prematura das edificações ou suas partes, e a conseqüente redução de desempenho, é um problema frequente em estruturas. A deterioração ocorre devido, sobretudo, ao envelhecimento prematuro, geralmente provocado pela baixa qualidade dos materiais de construção, por problemas de projeto e execução ou ainda por falta de manutenção.

O estado de degradação das edificações, por sua vez, tem influência direta nos custos de manutenção e reparo das mesmas. No que se refere a sistemas estruturais em concreto armado e protendido (também conhecido como pré tensionado), destaca-se que as atividades relacionadas à manutenção, reparo e restauração das estruturas e suas partes correspondem a 35% do total do volume de trabalho do setor da construção civil, e esse número vem aumentando nos últimos anos (GARCIA-ALONSO et. al., 2007). Mehta e Monteiro (2008 apud Possan; Demoliner 2013) citam que, em países industrialmente desenvolvidos, estima-se que 40% do total de recursos da indústria de construção são destinados a intervenções de estruturas já existentes e menos de 60% em novas instalações.

Estudo realizado no Brasil, Meira e Padaratz (2002) observaram que os investimentos em intervenções de manutenção, em uma estrutura com alto grau de deterioração, podem chegar a aproximadamente 40% dos custos de execução do componente degradado. O crescimento dos custos envolvendo a reposição de estruturas e a crescente ênfase no custo do ciclo de vida completo da edificação, mais do que no custo inicial, impõe que os engenheiros dêem mais atenção às questões de durabilidade.

Possan (2010) analisa que com essa modificação de necessidade, verificou-se que o concreto armado apresentava limitações e que somente o parâmetro resistência (R) era insuficiente para atender às exigências de projeto. Então se enfatizou a durabilidade (D) destas estruturas e dos seus materiais constituintes, aliando posteriormente este conceito ao desempenho (DES) das mesmas, ou seja, ao comportamento em uso. Após essas alterações, ainda faltava inserir nos projetos a variável “tempo”, surgindo então os estudos de vida útil (VU).

Atualmente, fatores como competitividade, custos e preservação do meio ambiente estão novamente impondo mudanças na maneira de se conceber estruturas, exigindo que estas sejam projetadas de forma holística, pensando no seu ciclo de vida (CV) e nos custos associados (CCV - Custo do Ciclo de Vida). A partir do CCV vários estudos podem ser conduzidos, com destaque às estimativas de custos de manutenção ao longo da vida útil, estudos de impacto ambiental, entre outros, auxiliando na seleção da melhor alternativa de projeto para novas estruturas ou de manutenção, reparo, reabilitação ou destinação final para estruturas existentes. Com isso o projeto para a sustentabilidade (SUS) torna-se possível (Figura 1).

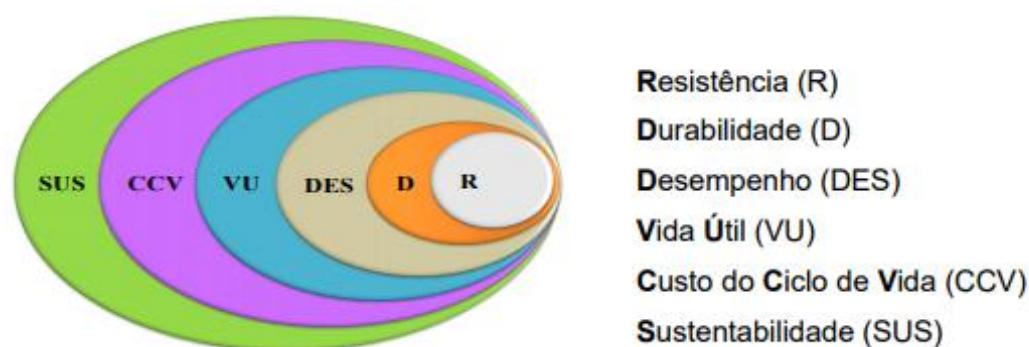


Figura 1 Evolução conceitual do projeto das estruturas de concreto

Fonte: POSSAN (2010)

### I.2.2 Desempenho

Como tratado anteriormente, tradicionalmente estruturas só eram concebidas e projetadas para satisfazerem às condições de segurança e estabilidade perante as solicitações de origem mecânica que interagiam na mesma. Os aspectos relativos à questão de durabilidade e desempenho que as estruturas deveriam apresentar durante a sua vida útil não eram levados em consideração, visto que se imaginava que o concreto armado conservava as suas propriedades físicas, químicas e mecânicas praticamente inalteradas ao longo do tempo. Com o passar do tempo, observou-se que esse preceito não correspondia a realidade, tendo em vista os elevados índices de degradação que as estruturas vêm apresentando.

Ainda em 1992, o *Comite Euro-international du Beton* emitiu um boletim informativo com a relação entre desempenho e durabilidade, no qual percebe-se a grande quantidade de fatores que interagem na durabilidade e no desempenho das estruturas. Todavia, observa-se que os diversos tipos de manifestações patológicas que ocorrem nas estruturas de concreto dificilmente apresentam uma única causa, sendo geralmente resultantes do sinergismo existente entre diversos fatores que promovem as formas de degradação (Figura 2).

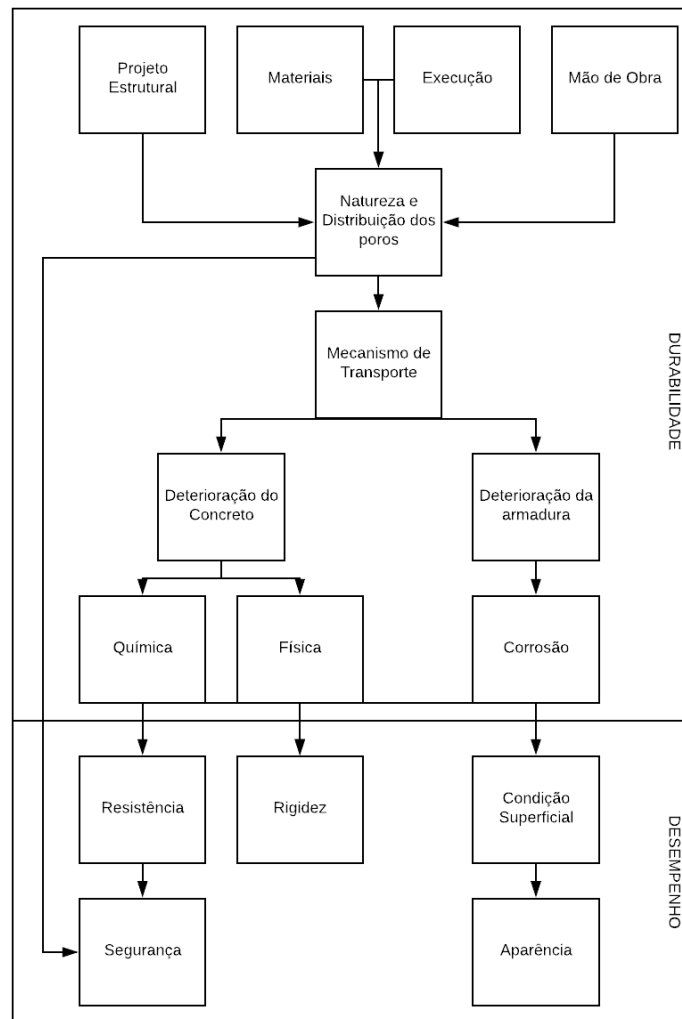


Figura 2 Relações existentes entre os conceitos de durabilidade do concreto e desempenho das estruturas

Fonte: *Comite Euro-international du Beton* (1992)

Desde julho de 2013, no Brasil, entrou em vigor a Norma de Desempenho de Edificações, da ABNT, que estabelece exigências de conforto e segurança em imóveis residenciais. Pela primeira vez, uma norma brasileira associa a qualidade de produtos ao resultado que eles conferem ao consumidor, com instruções claras e transparentes de como fazer essa avaliação.

As regras privilegiam os benefícios ao consumidor e dividem responsabilidades entre fabricantes, projetistas, construtores e usuários. A norma NBR 15575:2013 diz que níveis de

segurança, conforto e resistência devem proporcionar cada um dos sistemas que compõem um imóvel: estrutura, pisos, vedações, coberturas e instalações.

A Norma de Desempenho de Edificações é dividida em seis partes: uma de requisitos gerais da obra e outros cinco referentes aos sistemas que compõem o edifício (estrutural de pisos, de cobertura, de vedação e sistemas hidrossanitários). Para cada um deles a norma estabelece ainda critérios objetivos de qualidade e os procedimentos para medir se os sistemas atendem aos requisitos.

Com um caráter de orientação geral, a primeira parte da NBR 15575 funciona como um índice de referência remetendo, sempre que possível, às partes específicas (estrutura, pisos, vedações verticais, coberturas e sistemas hidrossanitários). A norma também traz aspectos de natureza geral e critérios que envolvem a norma como um todo.

Nela, são apresentados o conceito de vida útil do projeto, definição de responsabilidades e parâmetros de desempenho mínimos compulsórios, intermediário e superior.

A segunda parte da Norma de Desempenho trata dos requisitos para os sistemas estruturais de edificações habitacionais. O texto estabelece quais são os critérios de estabilidade e resistência do imóvel, indicando, inclusive, métodos para medir quais os tipos de impacto que a estrutura deve suportar sem que apresente falhas ou rachaduras.

A terceira parte da NBR 15575 foi uma das que sofreu mais modificações durante o processo de revisão, que se estendeu de 2011 até fevereiro de 2013, quando a versão final foi publicada. O texto agora não normatiza somente os sistemas de pisos internos, como constava na versão original, mas também os externos. Outro acréscimo foi a definição mais clara do sistema de pisos como a combinação de diversos elementos, o que inclui o contrapiso, por exemplo, e não somente a camada de revestimento ou acabamento.

O novo texto da norma trouxe definições mais claras para coeficiente de atrito e resistência ao escorregamento. O escorregamento é um decréscimo intenso e rápido no valor do coeficiente de atrito entre o corpo em movimento e a superfície de apoio. O coeficiente de atrito, por sua vez, é uma propriedade intrínseca da interface dos materiais que estão em contato.

A quarta parte da norma trata dos desempenhos estabelecidos para os sistemas de vedação vertical em uma edificação - basicamente, o conjunto de paredes e esquadrias (portas, janelas e fachadas) - referem-se a requisitos como estanqueidade ao ar, à água, a rajadas de ventos e ao conforto acústico e térmico. Esta parte da norma, ao lado da terceira parte, foi a que sofreu mais alterações durante a revisão da versão publicada em 2008.

Algumas das principais mudanças foram a adequação de critérios relativos ao desempenho estrutural e a inclusão dos critérios relativos à segurança ao fogo. Quanto ao desempenho estrutural, a revisão melhorou a definição de quais eram os critérios aplicáveis ao estado limite último ou de ruína, e quais eram aplicáveis ao estado limite de serviço ou de utilização.

Na quinta parte, não há grandes novidades relativas aos sistemas de coberturas, mas aprimoramentos em relação a outras normas. Entre os principais requisitos estão os que tratam da reação ao fogo dos materiais de revestimento e acabamento e da resistência ao fogo do sistema de cobertura. Nesse último item, a norma determina que a resistência ao fogo da estrutura da cobertura atenda às exigências da NBR 14432:2001, considerando um valor mínimo de 30 minutos.

A sexta parte da NBR 15575:2013 compreende os sistemas prediais de água fria e de água quente, de esgoto sanitário e ventilação, além dos sistemas prediais de águas pluviais. O texto explora conceitos como a durabilidade dos sistemas, a previsão e antecipação de critérios para a manutenção da edificação e suas partes, bem como o funcionamento dos sistemas hidrossanitários.

É possível perceber, pela exploração da NBR 15575:2013, que apesar da norma ter revolucionado o mercado com relação a seus preceitos construtivos, ela não trouxe normatização da atividade de avaliação e reparo.

Deste ponto de vista, a norma não agrega, necessariamente, às normas NBR 5674:2012 (Manutenção de edificações – Procedimento) e NBR 13752:1996 (Perícias de engenharia na construção civil), tendo em vista que não aborda as devidas atividades pós entrega.

### I.2.3 Vida útil

A NBR 6118:2014 define vida útil de projeto (VUP) de estruturas como:

O período de tempo durante o qual se mantém as características das estruturas de concreto, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor (...), bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais. Tal conceito aplica-se à estrutura como um todo ou às suas partes.

Este conceito é muito similar ao utilizado na NBR 15575:2013, mas na referida norma adiciona que o conceito de VUP considera o atendimento aos requisitos das normas aplicáveis, o estágio do conhecimento no momento do projeto e supondo o cumprimento da periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção. Como nota, a norma coloca ainda que a VUP é uma estimativa teórica de tempo que compõe o tempo de vida útil. O tempo de VU pode ou não ser confirmado em função da eficiência e registro das manutenções, de alterações no entorno da obra, fatores climáticos, etc (Figura 3).

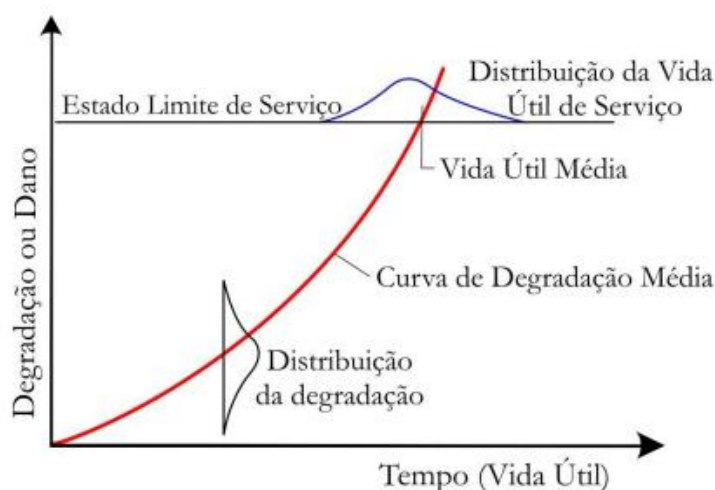


Figura 3 Considerações das Incertezas na VU das estruturas

Fonte: POSSAN (2010)

Ainda na NBR 15575:2013, define-se vida útil (VU) como período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas se prestam às atividades para as quais foram projetados e

construídos considerando a periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção. Em Possan (2010) se apresenta uma curva teórica que expressa uma relação simplificada entre a vida útil de projeto, o desempenho estrutural e a vida útil real (Figura 4).

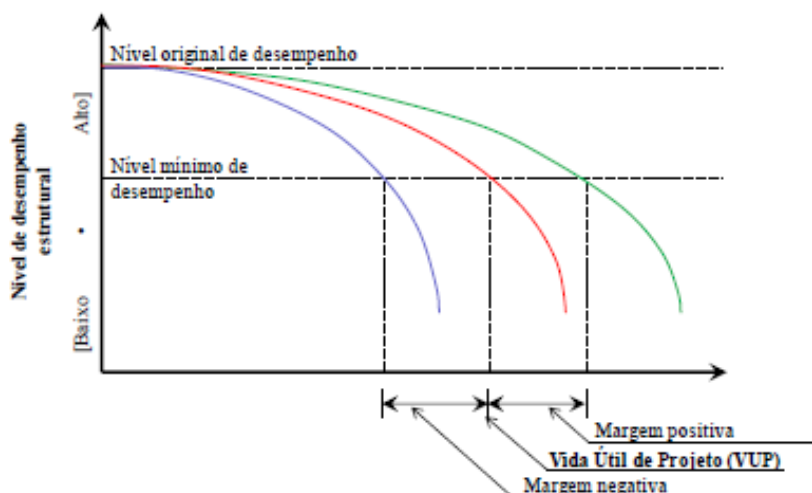


Figura 4 Curva Idealizada de Deterioração da Estrutura

Fonte: POSSAN (2010)

É importante ressaltar que o ramo de previsão em estruturas foi motivado pela natureza determinística do grande campo da engenharia e o reconhecimento da natureza aleatória das variáveis envolvidas levaram o campo para a base probabilística.

A norma afirma ainda que vida útil, além do conceito de vida útil de projeto, interferem as características dos materiais e sua qualidade da construção como um todo, o correto uso e operação da edificação e de suas partes, a constância e efetividade das operações de limpeza e manutenção, alterações climáticas e níveis de poluição no local da obra, mudanças no entorno da obra ao longo do tempo (trânsito de veículos, obras de infraestrutura, expansão urbana), etc.

Entende-se então que o valor real de tempo de vida útil será uma composição do valor teórico de vida útil de projeto devidamente influenciado pelas ações da manutenção, da utilização, da natureza e da sua vizinhança (Figura 5). As negligências no cumprimento integral dos programas definidos no manual de operação, uso e manutenção da edificação, bem como ações anormais do meio ambiente, irão reduzir o tempo de vida útil, podendo este ficar menor que o prazo teórico calculado como vida útil de projeto.

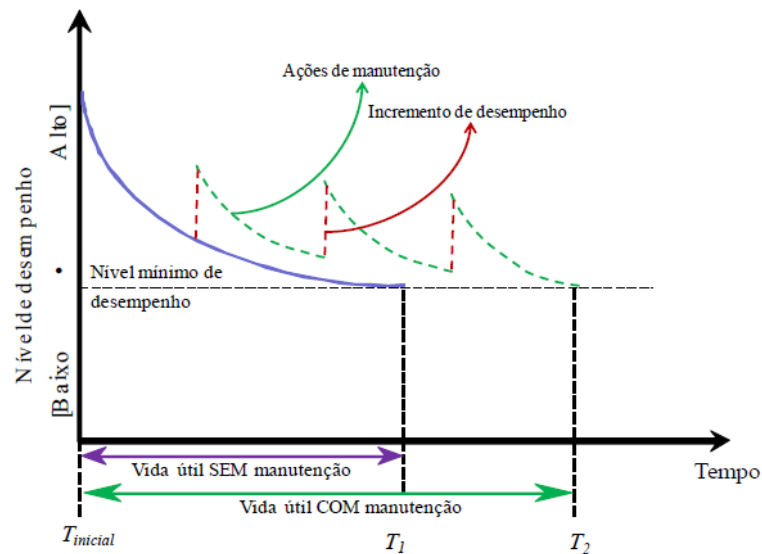


Figura 5 Recuperação do desempenho por ações de manutenção

Fonte: ABNT NBR 15575-1/12

Na delimitação desses conceitos pode-se perceber os principais aspectos que limitam a vida útil de uma estrutura que podem ser técnicos, funcionais ou econômicos. Os técnicos englobam os requisitos, projeto e construção, especificação de materiais e componentes. Os aspectos funcionais estão ligados à capacidade que a estrutura tem de cumprir o conjunto de funções para a qual foi projetada e suas determinadas solicitações. Os econômicos são relativos aos custos do programa de manutenção da edificação, conceito associado aos propostos pela NBR 5674:2012 pela dependência do cliente interveniente.

#### I.2.4 Manutenção

Na construção Civil, dá-se o nome de manutenção ao conjunto de ações preventivas e corretivas que tem a função de realizar medidas eficazes para garantir o funcionamento, conservação e vida útil da edificação. De acordo com NBR 5462:1994, a manutenção preventiva era realizada em intervalos predeterminados ou de acordo com os critérios prescritos, destinados a reduzir a probabilidade de falha ou degradação do funcionamento de

um item. Essa norma definiu também manutenção corretiva como a efetuada após a ocorrência de uma falha destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

A NBR 14037:2014 advertia que uma edificação construída não pode ser entendida, ela própria, como a realização do objetivo do processo, pois é somente após à conclusão do projeto e da execução da edificação que ela pode ser colocada a serviço. A norma afirmava que já não se pode mais olhar o ciclo da edificação como constituído de apenas duas etapas: o projeto e a execução em canteiro (cada um com suas devidas etapas intermediárias). O serviço ao usuário é a própria razão da construção da edificação e ela deve servi-lo, de maneira segura, até o fim de sua vida útil.

A NBR 5674:2012 traz a renovação do papel das edificações como suporte físico para a realização direta ou indireta de todas as atividades produtivas e possuem, portanto, um valor socioeconômico fundamental. Essa grande importância, atribuída à edificação, justifica a necessidade da elaboração e a implantação de um programa de manutenção corretiva e preventiva nas edificações, pois além de serem importantes para a segurança e qualidade de vida dos usuários, são essenciais para a manutenção dos níveis de desempenho ao longo da vida útil projetada, garantindo assim que a edificação possa exercer seu papel na sociedade.

A NBR 5674:2012, complementa os conceitos encontrados na NBR 5462:1994, e diz que a manutenção preventiva é caracterizada por serviços cuja realização seja programada com antecedência, priorizando as solicitações dos usuários, estimativas da durabilidade esperada dos sistemas, elementos ou componentes das edificações em uso, gravidade, urgência e relatórios de verificações periódicas sobre o seu estado de degradação. A mesma norma define que manutenção corretiva é caracterizada por serviços que demandam ação ou intervenção imediata a fim de permitir a continuidade do uso dos sistemas, elementos ou componentes das edificações, ou evitar graves riscos ou prejuízos pessoais e/ou patrimoniais aos seus usuários ou proprietários.

A NBR 5674:2012 traz conceitos mais complexos que os propostos anteriormente na NBR 5462:1994, conceitos que englobam o usuário como parte do sistema, tornando-o um consumidor, um interveniente no ciclo de vida da edificação. A NBR 5674:2012 traz também o alargamento da ideia de manutenção não só como ação, mas como sistema, ações conjuntas que garantiriam o funcionamento da edificação.

Em relação a resolução de patologias, podemos afirmar que as correções serão mais duráveis, mais efetiva, mais fáceis de executar e muito mais baratas quanto mais cedo forem executadas. A demonstração dessa afirmação é a chamada "lei de Sitter", formulada por Sitter em 1981 que mostra os custos crescendo segundo uma progressão geométrica. Dividindo as etapas construtivas e de uso em quatro períodos correspondentes ao projeto, à execução propriamente dita, à manutenção preventiva efetuada antes dos primeiros três anos e à manutenção corretiva efetuada após surgimento dos problemas, a cada uma corresponderá um custo que segue uma progressão geométrica de razão cinco (Figura 6).

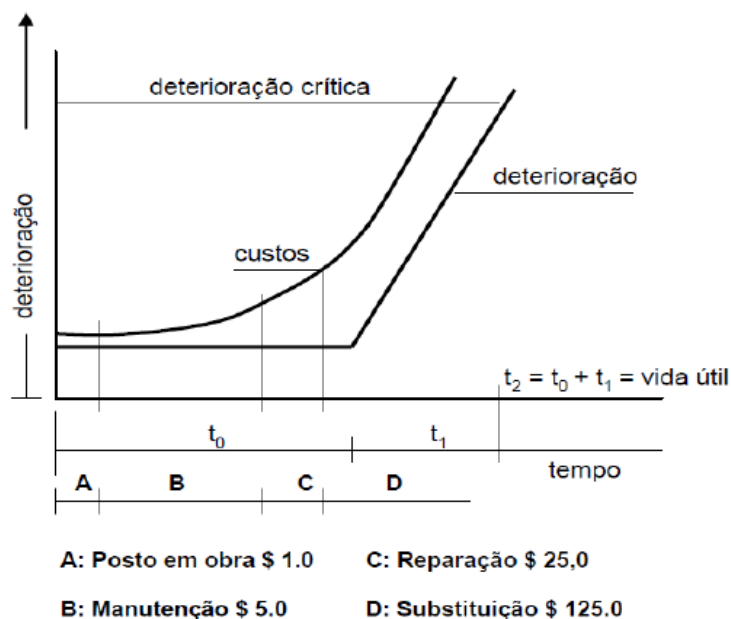


Figura 6 Evolução dos custos pela fase de intervenção

Fonte: Castro,1994 apud Sitter,1984.

Na imagem acima se discernem as seguintes fases:

- FASE A – fase de projeto/construção executados adequadamente (projeto bem feito, execução cuidadosa, etc.). Retratam a boa prática de engenharia;
- FASE B – alguns mecanismos de deterioração já se manifestam. Devem ser feitas atividades de manutenção localizadas (limpeza, pintura, correção de defeitos locais, etc);
- FASE C – os mecanismos de deterioração são intensos, apresentando vários sintomas

(fissuras, corrosão, etc.), demandando reparos significativos de forma ainda mais ou menos localizada; e

- FASE D – a deterioração se mostra disseminada em toda a edificação, sendo que as opções de intervenção envolvem atividades de substituição e recuperação de elementos, bem como a demolição parcial ou global.

A abordagem de manutenção deve também ser feita de forma a contextualizá-la no processo de construção, procurando durante todas as etapas do processo situá-la como fator relevante. Devem ser tomadas medidas para assegurar, nas várias etapas do processo construtivo, o delineamento e a projeção de manutenção futura.

### I.2.5 Deterioração

Nepomuceno (2005) afirma que a degradação das estruturas de concreto armado se dá pela penetração de substâncias nas formas gasosa, vapor e líquida, através dos poros e fissuras. A umidade relativa, periodicidade das chuvas, orientação dos ventos, temperatura e concentrações de substâncias agressivas presentes no meio, etc., além das características dos materiais constituintes do concreto e de seus poros, são fatores importantes na interação entre o meio ambiente e o concreto. Para Lima (2005), ainda que o concreto tenha sido devidamente especificado e executado, faz-se necessário conhecer o meio ambiente e sua interação (do ponto de vista físico e químico) com a estrutura, cuja vida útil pode ser significativamente reduzida devido à influência ambiental.

A deterioração do concreto raramente ocorre devido a uma causa isolada. Um concreto pode, muitas vezes, ser satisfatório, mas um único fator adverso suplementar pode provocar a sua deterioração. A permeabilidade é o principal determinante da vulnerabilidade aos agentes externos. Logo, para ser durável, o concreto deve ser impermeável (RIBEIRO, PINTO e STARLING, 2002).

A permeabilidade do concreto, por sua vez, não é uma função simples da porosidade, mas depende também das dimensões, distribuição, forma, tortuosidade (do caminho a ser percorrido pelos fluidos) e continuidade dos poros (NEVILLE, 1997), além de depender da

interconectividade da rede capilar. Portanto, pode-se ter dois concretos distintos, com a mesma porosidade, mas com valores típicos de coeficientes de permeabilidade bem diferentes (CAVALCANTI FILHO, 2010). Logo, a impermeabilidade do concreto deve ser a primeira linha do sistema de defesa contra qualquer processo físico-químico de deterioração (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

### **I.3 Apresentação da EN 1504-9:2008**

A Norma Europeia EN 1504 intitula-se, em tradução livre: Produtos e sistemas para a reparação e proteção de estruturas de concreto – Definições, requisitos, controle de qualidade e avaliação da conformidade, e foi elaborada pelo Comité Técnico CEN/TC 104 “*Concrete and related products*”. A Norma EN 1504 se divide em 10 partes, cada qual representada por um documento individual (Tabela 1).

Tabela 1 Divisão da Norma EN 1504

<b>Número do Documento</b>	<b>Descrição</b>
EN 1504 Parte 1	Definições
EN 1504 Parte 2	Sistemas de proteção Superficial de Concreto
EN 1504 Parte 3	Reparo estrutural e não estrutural
EN 1504 Parte 4	Colagem Estrutural
EN 1504 Parte 5	Injeção de Concreto
EN 1504 Parte 6	Ancoragem de armaduras de aço
EN 1504 Parte 7	Proteção contra corrosão de armaduras
EN 1504 Parte 8	Controle de qualidade e avaliação da conformidade
EN 1504 Parte 9	Princípios gerais de uso de produtos e sistemas
EN 1504 Parte 10	Aplicação de produtos e sistemas no controle da qualidade da obra

A primeira parte da norma define os termos relacionados com os produtos e sistemas para reparação, para utilização na manutenção e proteção, reabilitação e reforço de estruturas de concreto. Essa parte da norma traz um documento informativo para consulta de termos técnicos que serão abordados em outras partes dessa norma.

A segunda parte da norma especifica os requerimentos para a identificação, desempenho (incluindo aspectos de durabilidade), segurança e avaliação da conformidade de produtos e sistemas a utilizar para a proteção superficial do concreto, a fim de aumentar a durabilidade do concreto e das estruturas de concreto armado, tanto no caso de novas estruturas como nos casos de trabalhos de reparação e manutenção. Os métodos de proteção superficial presentes nessa norma são o de impregnação hidrofóbica, impregnação simples e revestimento.

A terceira parte da norma especifica requisitos para a identificação, desempenho (incluindo aspectos de durabilidade) e segurança de produtos e sistemas a utilizar na reparação estrutural e não estrutural de estruturas em concreto. A norma cobre argamassas e concretos de reparação, utilizadas, se for o caso, em conjunto com outros produtos e sistemas, para restaurar e substituir concreto defeituoso e proteger armaduras, e estender a vida útil das estruturas de concreto que exibem deterioração. Essa parte da norma abrange três princípios: a reparação de concreto, o reforço estrutural e a preservação ou restauração da passividade.

A quarta parte especifica requisitos para identificação, desempenho (incluindo durabilidade) e segurança de produtos e sistemas a utilizar para a colagem estrutural de materiais de reforço de estrutura de concreto existente, incluindo colagem de placas exteriores em aço ou outro material, a colagem de concreto endurecido ou a colagem de concreto fresco.

A quinta parte da norma especifica requisitos e critérios de conformidade para a identificação, desempenho (incluindo durabilidade) e segurança de produtos de injeção utilizados na reparação e proteção de estruturas de concreto. Tratando da proteção contra ingresso por enchimento dúctil ou expansivo de fissuras e também do reforço estrutural por injeção ou enchimento dúctil ou expansivo de fissuras, vazios e interstícios.

A sexta parte da norma especifica requisitos de conformidade para a identificação, desempenho (incluindo durabilidade) e segurança de produtos e sistemas a utilizar na ancoragem de armadura de aço como as utilizadas no reforço estrutural de forma a assegurar a continuidade das estruturas de concreto armado.

A sétima parte da norma especifica requisitos de conformidade para a identificação, desempenho (incluindo durabilidade) e segurança de produtos e sistemas para proteção de armaduras de aço não revestidas e de aço embebido em concreto de estruturas a reparar.

A oitava parte da norma especifica procedimentos para o controle da qualidade e a avaliação da conformidade, incluindo a marcação e rotulagem, de produtos e sistemas para a proteção e reparação de estruturas de concreto de acordo com a segunda e sétima parte da mesma norma.

A nona parte da norma dispõe de considerações básicas para especificação e de proteção, reparo e reforço de estruturas de concreto (incluindo pavimentos, ruas, e estruturas protendidas) se valendo de produtos e sistemas especificados em outras partes da mesma norma e também de outras normas europeias relevantes. Essa parte da norma é fundamental pois ela afirma a necessidade de inspeção e testes pré e pós reparo, além correlacionar a causa dos defeitos e os reparos possíveis. A norma denomina princípio a melhoria de proteção, reparo ou reforço que se pretende obter na estrutura e de método o conjunto de ações necessárias para se alcançar esse objetivo.

A última parte da norma estabelece requisitos para a condição do substrato antes e durante a aplicação, abrangendo estabilidade estrutural, armazenamento, preparação e aplicação de produtos e sistemas para a proteção e reparo de estruturas de concreto, incluindo controle de qualidade, saúde e segurança e ambiente.

#### **I.4 Método de avaliação da estrutura focada na EN 1504-10:2008**

A avaliação da estrutura na norma EM 1504-10:2008 se formata de maneira qualitativa, interligando cada etapa do processo construtivo, dando sua devida importância no resultado final do produto, assim como na satisfação do usuário e principalmente no controle da incidência de manifestações patológicas na edificação na fase de uso. A norma é incisiva no sentido de que para se obter a diminuição ou a eliminação dos problemas patológicos deve haver maior controle de qualidade nestas etapas do processo.

Relativamente à qualidade, exige-se na etapa de concepção, a garantia de plena satisfação do cliente, de facilidade de execução e de possibilidade de adequada manutenção; na etapa de execução, garantia do cumprimento do projeto, e para a etapa de utilização, é necessário conferir a garantia de satisfação do usuário e a possibilidade de extensão da vida útil da obra.

A EN 1504 especifica os princípios básicos que serão usados, separadamente ou combinados, onde haja necessidade de proteger ou reparar estruturas de concreto, acima ou abaixo do solo ou água (Figura 7). Uma reparação bem-sucedida de uma estrutura começa com a correta determinação das condições e identificação das causas da degradação e todas as outras etapas no processo de reparação e proteção dependem destes pontos.

A segurança e estabilidade, antes, durante e após a reparação, devem ser asseguradas nos termos da parte 9 da NP EN 1504. Devem ser verificadas as condições físicas e químicas das bases de aplicação de quaisquer produtos de reparação: avaliando a capacidade da estrutura para suportar cargas, movimentos ou vibrações durante a execução dos trabalhos, bem como a compatibilidade dos materiais estruturais com os materiais de reparação.

São definidos os seguintes requisitos:

- Verificação das propriedades especificadas dos produtos e sistemas de reparação, quando aplicados nas condições reais;
- Verificação da compatibilidade do concreto e armaduras originais com os materiais de reparação, bem como a compatibilidade entre materiais de sistemas de reparação diferentes;
- Verificação das condições da base de aplicação, tais como: rugosidade, fendilhação, resistência à tração e à compressão, existência e profundidade de penetração de cloretos ou outros contaminantes, profundidade de carbonatação, teor em humidade, temperatura e grau de corrosão das armaduras;
- Verificação das condições de armazenamento e de aplicação dos materiais em termos de temperatura e humidade, proteção do vento e da chuva e outras de carácter temporário.

Inicia-se, então, o processo de reabilitação com a fase de diagnóstico, constituídas por duas tarefas que visam avaliar o estado da estrutura e identificar as avarias/patologias presentes. Seguidamente, na fase deliberativa são decididas as medidas a tomar e os princípios e métodos a adoptar para o reforço. A terceira fase é o dimensionamento da solução adoptada, baseada na decisão tomada anteriormente. A penúltima fase é a execução da melhor solução encontrada e,

por fim a fase de inspeção/ monitorização/ manutenção. Esta última é facultativa, sendo que a sua aplicação apenas se torna relevante em estruturas especiais e com alguma importância.

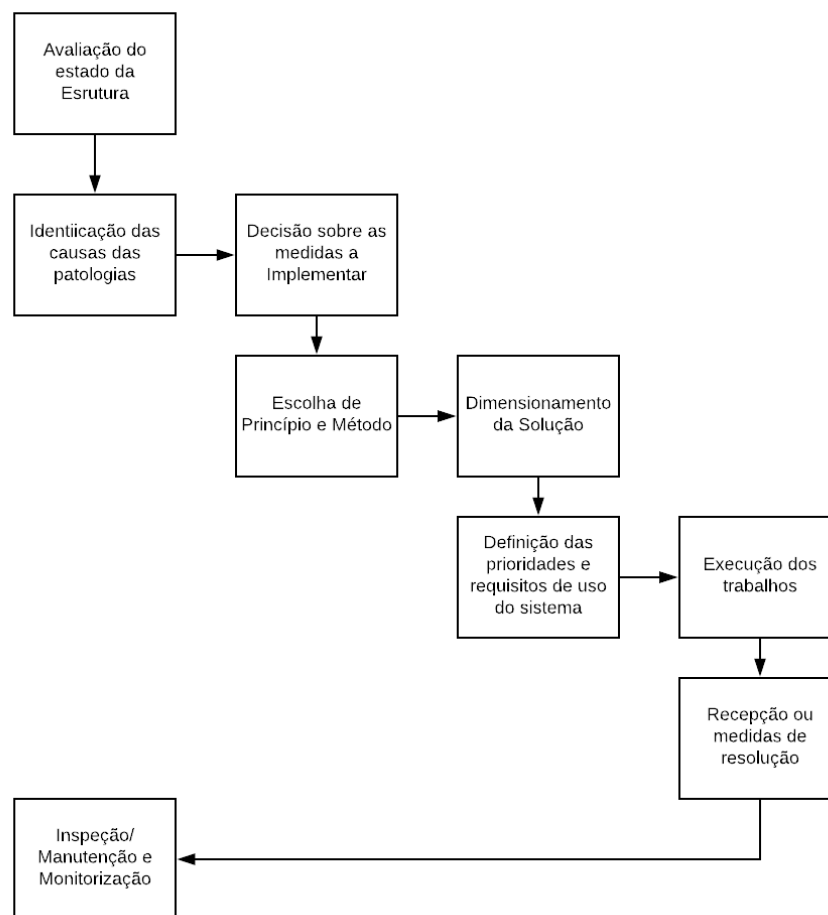


Figura 7 Etapas previstas na EN 1504-9:2008

## **CAPÍTULO II**

### **II.1 Manifestações Patológicas**

Salvo os casos correspondentes à ocorrência de catástrofes naturais, em que a violência das solicitações, aliada ao caráter marcadamente imprevisível das mesmas, será o fator preponderante, os problemas patológicos têm suas origens motivadas por falhas que ocorrem durante a realização de uma ou mais das atividades inerentes ao processo genérico a que se denomina de construção civil. Este processo pode ser dividido em três etapas básicas: concepção (projeto / materiais), execução e utilização (Figura 8).

As falhas de projeto compreendem operações de construção que foram mal executadas por falta de detalhamento, omissões ou equívocos de projeto, relativos aos materiais e às técnicas construtivas (SOUZA & RIPPER, 1998). Já as falhas de execução compreendem aqueles serviços que apresentam manifestações patológicas em consequência da falta de controle dos serviços, omissão de alguma especificação que conste em projeto e falta de cumprimento da normalização técnica.

Falhas decorrentes do uso dizem respeito aos elementos que foram prejudicados pela falta das atividades necessárias à garantia do seu desempenho satisfatório ao longo do tempo (SOUZA & RIPPER, 1998). As falhas provenientes da qualidade dos materiais compreendem aqueles elementos que independentemente da qualidade do projeto e ou execução encontram-se deteriorados.

O Departamento de Engenharia Civil da UnB vem desenvolvendo uma pesquisa para levantar e quantificar os principais problemas patológicos encontrados nas edificações do Distrito Federal, bem como suas causas, cujos resultados preliminares são descritos a seguir.

A pesquisa foi realizada através de levantamentos em firmas especializadas e profissionais envolvidos em recuperação de estruturas, através de questionários, entrevistas e consulta de arquivos. Verificou-se na pesquisa que a maioria das firmas do D.F. que executaram trabalhos de recuperação estrutural não mantêm arquivos sistematizados com as causas e tipos

de intervenção executados, ocorrendo com isso dificuldades no levantamento dos problemas patológicos mais frequentes.

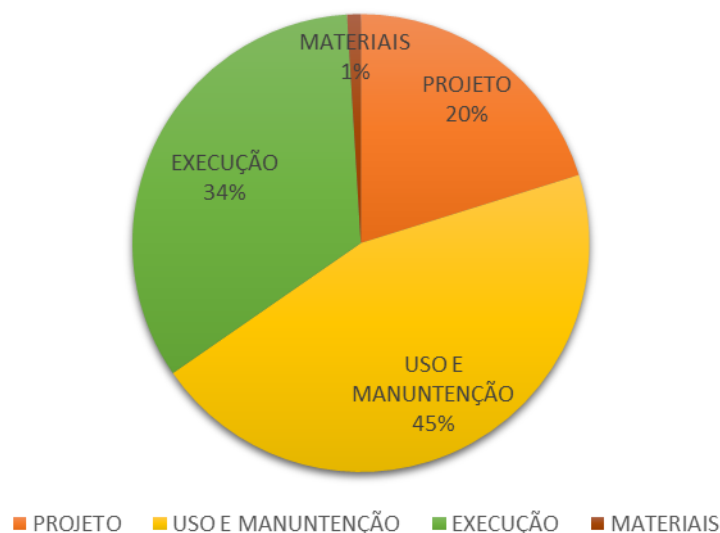


Figura 8 – Origem dos problemas patológicos com relação às etapas de produção e uso das obras Civis em edificações no D.F.

Fonte: Adaptado de Castro (1994)

O estudo e análise das patologias da construção têm como objetivo determinar as suas origens, e se estão estabilizadas, de modo a estabelecer o grau de criticidade dos casos analisados para, então, determinar as ações necessárias para corrigi-las. Para este fim, é necessário fazer inspeções visuais, ensaios técnicos e registros fotográficos a fim de determinar se a construção se encontra de acordo com as Normas Brasileiras e, posteriormente, definir se o problema provém da fase de projeto, da fase construtiva ou da falta de manutenção

Os problemas patológicos apresentam uma manifestação externa característica, a partir da qual se pode deduzir qual a natureza, a origem e mecanismo dos fenômenos envolvidos, assim como pode-se estimar suas prováveis consequências. De um modo geral, as patologias não têm sua origem concentrada em fatores isolados, mas sofrem influência de um conjunto de variáveis, que podem ser classificadas de acordo com o processo patológico, com os sintomas, com a causa que gerou o problema ou ainda com a etapa do processo produtivo em que ocorrem.

A norma EN 1504-9:2008 enfatiza explicitamente a importância destas questões e identifica as seguintes etapas-chave:

- determinação das condições da estrutura;
- identificação das causas da deterioração;
- definição dos objetivos de proteção e reparação em conjunto com os donos-de-obra;
- seleção do(s) princípio(s) de proteção e reparação apropriado(s);
- seleção dos métodos;
- definição das propriedades dos produtos e sistemas (descritas em EN 1504-2 a 7);
- especificação dos requisitos de manutenção posteriores à proteção e reparação.

Por mais óbvio que possa parecer, a norma EN 1504 define com clareza que qualquer projeto de reparação deve identificar as metas e objetivos do cliente, antes do início dos trabalhos. Isto inclui vida útil, utilização futura e consolidação orçamental.

## **II.2 Risco e deterioração segundo a metodologia GDE**

Apesar da falta de especificidade com relação a uma metodologia única de avaliação das patologias, o IBAPE trata da classificação de risco oferecido pela edificação no estado avaliado. O grau de risco é fator determinante durante o processo de elaboração e execução de um laudo de inspeção predial. Baseadas nessa classificação as anomalias e falhas são agrupadas de acordo com o risco oferecido aos usuários, ao meio ambiente e a edificação.

A Norma de Inspeção Predial do IBAPE/SP de 2011 classifica as manifestações patológicas segundo os seguintes graus de risco:

- Crítico: Pode provocar danos contra a saúde e segurança das pessoas e/ou meio ambiente, perda excessiva de desempenho causando possíveis paralisações, aumento de custo, comprometimento sensível de vida útil e desvalorização acentuada.

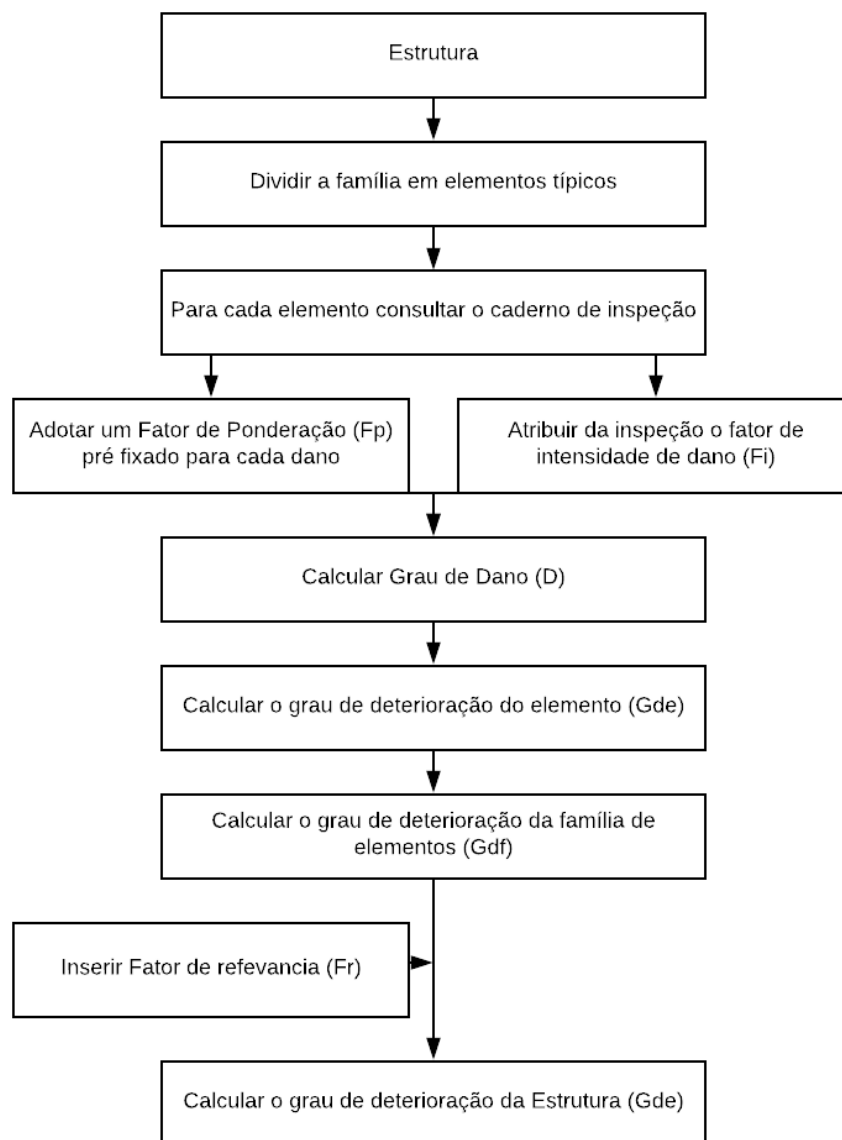
- Regular: Pode provocar a perda de funcionalidade sem prejuízo à operação direta de sistemas, perda pontual de desempenho (possibilidade de recuperação), deterioração precoce e pequena desvalorização.

- Mínimo: Pode causar pequenos prejuízos à estética ou atividade programável e planejada, sem incidência ou sem a probabilidade de ocorrência dos riscos críticos e regulares, além de baixo ou nenhum comprometimento do valor imobiliário.

No que se refere a avaliação da deterioração, no centro oeste brasileiro tem crescido a utilização da Metodologia GDE. A metodologia de inspeção utilizada neste projeto é chamada GDE/UnB, criada por Castro (1994) baseada em uma formulação proposta por Klein et al (1991). Essa metodologia é aplicada à estruturas de concreto armado convencionais e estabelece critérios para quantificação do grau de deterioração de elementos e/ou da estrutura como um todo. A GDE/UnB baseia-se em parâmetros que avaliam as manifestações mais frequentes de danos e sua evolução e também a influência do meio ambiente na estrutura. O resultado é dado pelo cálculo do grau de deterioração da estrutura a partir parâmetros avaliados e quantificados por meio de valores tabelados pelo Caderno de Inspeção, que compõe a metodologia.

Em 2007, a metodologia GDE/UnB sofreu sua mais nova modificação. Proposta por Fonseca, a forma de conceituação dos danos foi reformulada nos seguintes aspectos: roteiro de inspeção, fatores de intensidade ( $F_i$ ), fatores de ponderação ( $F_p$ ), grau do dano ( $D$ ) e na tabela de classificação do grau de deterioração do elemento ( $G_{de}$ ) e da estrutura ( $G_d$ ).

Os procedimentos a serem seguidos para o desenvolvimento de inspeções estruturais e avaliação dos resultados, segundo a GDE/UnB, estão sistematicamente apresentados no fluxograma 1.



Fluxograma 1 Fluxograma para avaliação do grau de deterioração de estruturas de concreto da metodologia GDE/UnB

Fonte: Fonseca (2007)

O fator de ponderação de um dano (Fp) é relacionado com a estética, funcionalidade e estabilidade de um determinado elemento (viga, pilar, laje). Uma determinada manifestação patológica pode ter fatores de ponderação diferentes de acordo com as características da família onde o elemento se insere, dependendo das consequências que o dano possa acarretar.

A metodologia original estabelecia valores para  $F_p$  que variavam de 0 a 10. Visto que os danos se encontravam majoritariamente classificados acima de 5, a metodologia atual altera essa escala para 1 a 5. Dessa forma,  $F_p=5$  é o valor para a situação mais desfavorável.

O fator de intensidade do dano ( $F_i$ ) classifica o nível de gravidade e a evolução de uma manifestação de dano em um determinado elemento, segundo uma escala de 0 a 4, como a seguir (Tabela 2):

Tabela 2 Fator de intensidade do dano segundo a gravidade da manifestação

<b>MANIFESTAÇÃO</b>	<b><math>F_i</math></b>
Elemento sem lesões	0
Elemento com lesões leves	1
Elemento com lesões toleráveis	2
Elemento com lesões graves	3
Elemento em estado crítico	4

Fonte: Fonseca (2007)

Visto que uma pontuação assim poderia ser muito subjetiva, Fonseca apresenta uma classificação dos tipos de danos mais frequentes em edificações usuais de concreto armado, identificando o nível de gravidade e descrevendo a intensidade das manifestações em seu Roteiro de Inspeção para estruturas de concreto.

O grau de dano ( $D$ ) tem por objetivo quantificar a manifestação de cada dano no elemento. Este é calculado a partir do fator de ponderação ( $F_p$ ) e do fator de intensidade ( $F_i$ ), como visto a seguir (Tabela 3).

Tabela 3 Equações para cálculo do grau de dano

Dano (D)	$F_i$
$D = 0,8 F_i F_p$	$F_i \leq 2,0$
$D = (12F_i - 28) F_p$	$F_i \geq 3,0$

Fonte: Fonseca (2007)

Assim, o parâmetro D depende das variáveis  $F_p$  ( $0 \leq F_p \leq 5$ ), inerente a cada manifestação de dano e pré-estabelecido para a família, e  $F_i$  ( $0 \leq F_i \leq 4$ ), atribuído pelo profissional responsável pela inspeção. Portanto, independente da escala, os valores de D serão os mesmos para cada  $F_i$ , e sua representação gráfica é dada por um volume formado com o plano  $F_p=5$ , como mostra a Figura 9.

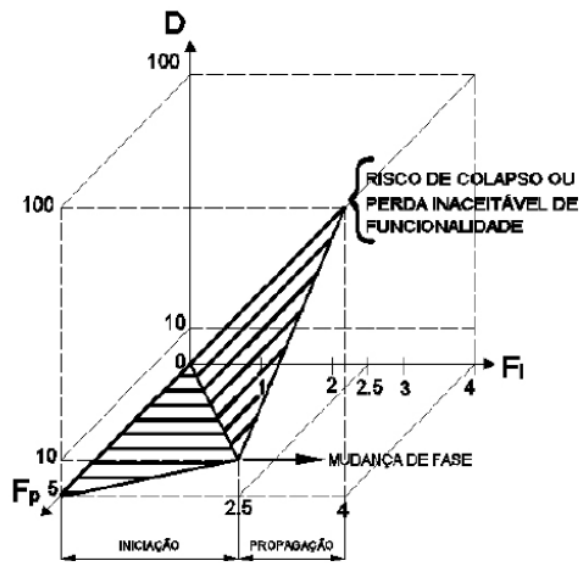


Figura 9 Grau do dano (D) x Fator de intensidade do dano (Fi) para  $F_p=5$

Fonte: Fonseca (2007)

O grau de deterioração ( $G_{de}$ ) é determinado em função das manifestações dos danos detectados no elemento pela inspeção. A equação que o quantifica e é apresentada a seguir (Equação 1):

$$G_{de} = D_{max} \left( 1 + \frac{\sum_{i=1}^m D_{(i)} - D_{max}}{\sum_{i=1}^m D_{(i)}} \right)$$

Equação 1 Grau de Deterioração

Onde:

$D_{máx}$  = maior grau de dano no elemento;

m = número de danos detectados no elemento;

$D_{(i)}$  = grau de dano de ordem i.

A partir do valor de  $G_{de}$ , classifica-se o elemento quanto ao nível de deterioração e têm-se os prazos de planejamento em que as intervenções devem ser realizadas, como se vê na Tabela 4 abaixo.

Tabela 4 Classificação dos níveis de deterioração do elemento pela metodologia

Nível de deterioração	$G_{de}$	Ações a serem adotadas
Baixo	0 - 15	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	15 - 50	Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em longo prazo (máx. 2 anos).
Alto	50 - 80	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em médio prazo (máx. 1 ano).
Sofrível	80 - 100	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 6 meses).
Crítico	> 100	Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.

Fonte: Fonseca (2007)

A metodologia atualizada inseriu o nível “crítico” de deterioração, modificou o intervalo nas classificações “médio” e “alto” e também alterou alguns prazos de intervenções em relação à metodologia original (Castro,1994).

O grau de deterioração de uma família ( $G_{df}$ ) visa evidenciar os elementos mais danificados, não os mascarando por elementos menos deteriorados, evitando-se, porém, uma

supervalorização do grau de deterioração da estrutura. Para isso, a fórmula atualizada para cálculo de  $G_{df}$  é apresentada a seguir (Equação 2).

$$G_{df} = \left[ \sqrt{1 + \frac{\sum_{i=1}^m G_{de(i)} - G_{demax}}{\sum_{i=1}^m G_{de(i)}}} \right]$$

Equação 2 Grau de deterioração de uma família

Onde:

$G_{demax}$  = maior  $G_{de}$  entre os elementos da família com  $G_{de} \geq 15$ .

São considerados apenas valores de  $G_{de} \geq 15$ , sendo  $G_{df}=0$  quando  $G_{de} < 15$ .

Assim, o grau de deterioração da estrutura ( $G_d$ ) é obtido pela média aritmética dos graus de deterioração das famílias de elementos da estrutura ( $G_{df}$ ), ponderada pelo fator de relevância estrutural ( $Fr$ ), variando entre valores de 1 a 5 de acordo com as famílias, como se vê a seguir (Tabela 5).

Tabela 5 Fatores de relevância estrutural ( $Fr$ ) para famílias de elementos

<b>Família</b>	<b>Fr</b>
Elementos de composição arquitetônica	1,0
Reservatório superior	2,0
Escadas/rampas, reservatório inferior, cortinas, lajes secundárias, juntas de dilatação	3,0
Lajes, fundações, vigas secundárias, pilares secundários	4,0
Vigas e pilares principais	5,0

Fonte: Fonseca (2007)

A expressão a seguir calcula o  $G_d$ , onde  $k$  representa o conjunto das famílias que compõem a estrutura:

$$G_d = \frac{\sum_{i=1}^k F_{r(i)} \cdot G_{df(i)}}{\sum_{i=1}^k F_{r(i)}}$$

Equação 3 Grau de deterioração da estrutura

Calculado o valor de  $G_d$ , classifica-se a estrutura semelhantemente à classificação dos níveis de deterioração  $G_{de}$ , como se vê na tabela abaixo (Tabela 6).

Tabela 6 Classificação dos níveis de deterioração da estrutura pela metodologia

Nível de deterioração	$G_d$	Ações a serem adotadas
Baixo	0 - 15	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	15 - 50	Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em longo prazo (máx. 2 anos).
Alto	50 - 80	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em médio prazo (máx. 1 ano).
Sofrível	80 - 100	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 6 meses).
Crítico	> 100	Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.

Fonte: Fonseca (2007)

### **II.3 Causa de Defeitos no Concreto**

No contexto da Construção Civil, o termo “patologia” está relacionado com a definição encontrada na Medicina, na qual se estudam as origens, os sintomas e a natureza das doenças. Patologias são todas as manifestações cuja ocorrência no ciclo de vida da edificação venham prejudicar o desempenho esperado do edifício e suas partes (subsistemas, elementos e componentes).

DEGUSSA (2008) entende patologia como parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis e à terapia cabe estudar a correção e a solução desses problemas patológicos, inclusive aqueles devidos ao envelhecimento natural.

Para Piancastelli (1997), sendo o concreto armado um material não inerte, ele se sujeita a alterações ao longo do tempo, devido a interações entre seus elementos constitutivos (cimento, areia, brita, água e aço), interações entre esses e agentes externos (ácidos, bases, sais, gases e outros) e com materiais que lhe são adicionados (aditivos e adições minerais).

### II.3.1 Patologias Mecânicas

#### *II.3.1.1 Abrasão*

Deterioração da estrutura por movimentação de objetos ou materiais sobre a superfície.

#### *II.3.1.2 Fadiga*

Fadiga mecânica é o fenômeno de ruptura progressiva de materiais sujeitos a ciclos repetidos de tensão ou deformação.

#### *II.3.1.3 Impacto*

A patologia por impacto acontece pela absorção de energia transferida por choque, podendo causar, a depender da escala de energia transferida, de fissuração localizada ao colapso.

#### *II.3.1.4 Sobrepeso*

Adição de carga superior à prevista em projeto, seja por meio de alteração física do espaço ou por alteração do uso da estrutura (NBR 6118:2014).

#### *II.3.1.5 Movimentação*

A movimentação da estrutura ou de suas partes pode gerar alteração do equilíbrio mecânico e prejudicar seu funcionamento.

### *II.3.1.6 Explosão*

O efeito de explosão sobre uma estrutura é definido a partir do deslocamento de ar, durante um tempo atuante em cada uma das superfícies da estrutura. Os danos provocados por explosão podem ser desde o colapso completo da estrutura até apenas algumas janelas trincadas, dependendo da distância do ponto de explosão e da quantidade de carga explosiva acionada.

Ressalta-se que o efeito de explosão pode gerar fogo, logo, as patologias provocadas por explosão também estão associadas aos efeitos de exposição ao fogo.

### *II.3.1.7 Vibração*

A vibração gera, em pequena escala, o aumento da movimentação das partículas o que pode gerar de pequenas desagregações de substrato até o colapso da estrutura.

## II.3.2 Patologias Físicas

### *II.3.2.1 Ciclos Térmicos (Expansão e Encolhimento)*

O ciclo térmico gera patologias relacionadas aos movimentos de dilatação estrutural durante o período de aumento da temperatura, e movimentos de retração estrutural no período de resfriamento, podendo ser observado o mesmo efeito no aço. Esses ciclos térmicos podem gerar perda de resistência do aço, e movimentação e desagregação devido à dilatação estrutural e movimento de retração brusca.

### *II.3.2.2 Erosão*

É uma ação superficial que ocasiona deterioração da superfície da estrutura por contato com partículas sólidas em suspensão em líquidos.

### II.3.3 Patologias Químicas

#### *II.3.3.1 Ativos Biológicos*

A umidificação do concreto e mais tarde o aparecimento de fungos pode vir a ocasionar o rompimento do material, com sua perda de capacidade resistiva.

#### *II.3.3.2 Agressão por Sulfatos*

Na fabricação do cimento, o gesso utilizado reage com parte do aluminato tricálcico formando etringita. Outra parte do aluminato fica livre para reagir caso, posteriormente, encontre sulfatos, presentes em agregados e na água do mar, com as quais o concreto vai entrar em contato, produzindo mais etringita. Como isso ocorre em uma fase em que o concreto já está endurecido, efeitos patológicos aparecerão na forma de rachaduras, fissuras e, posterior desintegração do concreto. Observa-se a formação e cristalização em um poro do concreto de trissulfoaluminato de cálcio (etringita expansiva).

#### *II.3.3.3 Reação Álcali Agregado*

A reação álcalis-agregado é um processo químico onde alguns constituintes mineralógicos do agregado reagem com hidróxidos alcalinos (provenientes do cimento, água de amassamento, agregados, pozolanas, agentes externos, etc.) que estão dissolvidos na solução dos poros do concreto. Como produto da reação forma-se um gel higroscópico expansivo. A manifestação da reação álcalis-agregado pode se dar de várias formas, desde expansões, movimentações diferenciais nas estruturas e fissurações até desagregações, exsudação do gel e redução das resistências à tração e compressão. Atualmente são distinguidos três tipos deletérios da reação:

- Reação álcali-sílica - envolve a presença de sílica amorfa ou certos tipos de vidros naturais (vulcânicos) e artificiais.
- Reação álcali-silicato - é da mesma natureza da reação álcali-sílica porém, o processo ocorre mais lentamente, envolvendo alguns silicatos presentes nos feldspatos, folhelhos, argilosos, certas rochas sedimentares, (como as grauvacas), metamórficas, (como os

quartzitos) e magmáticas (como os granitos)e, fundamentalmente, a presença do quartzo deformado (tensionado) e minerais expansivos.

- Reação álcali-carbonato - ocorre entre certos calcários dolomíticos e as soluções alcalinas presentes nos poros do concreto.

## **II.4 Causas de Defeito no Aço**

### **II.4.1 Corrente Elétrica**

A medida da resistividade elétrica indica exatamente a resistência do concreto ao fluxo da corrente elétrica iônica gerada por esta movimentação. Quanto menor é a resistividade elétrica do concreto, mais facilitado será este fluxo e, assim, mais propensas as armaduras estão à corrosão (Sadowshi, 2010). Na prática, diz-se que a corrosão é quase certa quando a resistividade elétrica do concreto é baixa e a armadura está despassivada.

### **II.4.2 Carbonatação**

Com o tempo, a alta alcalinidade nas superfícies expostas das estruturas de concreto pode ser reduzida, o que ocorre principalmente pela ação de gases ácidos, como CO<sub>2</sub>, o SO<sub>2</sub> e o H<sub>2</sub>S, encontrados na atmosfera. O processo ocorre lentamente, segundo a reação principal  $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ . O pH de precipitação do CaCO<sub>3</sub> é cerca de 8,5 (em temperatura ambiente), o que altera as condições de estabilidade química da película passivadora do aço. O aço passa então por um processo de corrosão (ferrugem) e passa a expandir, causando o deslocamento da camada de concreto de recobrimento.

A carbonatação manifesta-se inicialmente por depósitos brancos na superfície do concreto e fica mais evidente quando surgem fissuras na peça e deslocamento da camada de concreto de recobrimento. A profundidade e a velocidade do fenômeno dependem de características do próprio concreto, como o teor de concreto e o PH. Também dependem das condições de exposição, como alta concentração de gás carbônico e umidade relativa do ar na faixa de 50% a 75%.

### II.4.3 Contaminantes

Os compostos do cimento (silicatos C<sub>2</sub>S e C<sub>3</sub>S) ao se hidratarem liberam hidróxido de cálcio e que somado aos álcalis do cimento (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>) proporcionam um ambiente alcalino com pH  $\geq 12,5$ . Neste ambiente, a armadura forma uma camada de óxido protetor. A entrada de agentes agressivos, tais como o íon cloreto, pode levar ao início de um processo de corrosão pela ruptura do filme de óxido em um determinado ponto.

Ocorre a corrosão da armadura quando o PH do concreto que envolve o ferro é igual ou inferior a 9, e o concreto contém cloretos. Os cloretos, na maioria das vezes, são incorporados aos concretos pelo excesso de água, que leva cloreto de cálcio, pela presença do cloreto de sódio. A partir de 0,4% o cloreto de cálcio é de grave risco, provocando a corrosão das armações, porém, no cloreto de sódio, a gravidade se inicia a partir de 0,1%. O cloreto de cálcio chega ao concreto que envolve as armaduras durante a concretagem, através da água, da areia, da brita, ou simplesmente através da neblina marinha.

### CAPÍTULO III

O capítulo III é dedicado à EN 1504-9:2008 (*Products and systems for protecting and repairing concrete structures. Definitions, requirements, quality control and conformity assessment.*) onde se indica os princípios de tratamento de concreto e os produtos recomendados para reparo e tratamento de estruturas de concreto armado. O conceito de princípio da norma EN 1504-9:2008 seria compreendido na realidade como a melhoria de proteção, reparo ou reforço que se pretende obter na estrutura e de método o conjunto de ações necessárias para se alcançar esse objetivo.

#### III.1 Princípios e Métodos relacionados com defeitos no Concreto

##### III.1.1 Proteção para conter o Ingresso

O princípio de proteção contra o ingresso procura reduzir ou prevenir a entrada de agentes adversos, por exemplo de água ou outros líquidos, vapor, gás produtos químicos e agentes biológicos (Figura 9).



Figura 10 Proteção para conter o Ingresso

Um dos principais efeitos de um sistema de proteção superficial para concreto armado é a restrição ao ingresso de água no material. O concreto é um material naturalmente hidrófilo,

ou seja, tem elevada afinidade com a água. O resultado disso é que quando a água entra em contato com a superfície do concreto, esta é absorvida quase instantaneamente, dependendo do teor de umidade do concreto. A proteção de superfície muda essa condição, seja pela transformação do comportamento hidrófilo para hidrófugo, seja pelo tamponamento dos poros da camada mais externa ou pelo isolamento da superfície do concreto do meio externo.

Abaixo são relacionados os métodos presentes na EN 1504:2008 relacionados ao princípio de de proteção contra o ingresso (Tabela 7 e Figura 11).

Tabela 7 Métodos para proteção para conter o Ingresso

Princípio	Método
Princípio 1 [PI] Proteção contra o Ingresso	Impregnação
	Revestimentos de superfície com e Sem capacidade de execução de pontes de fissuras
	Bandas locais para fissuras
	Preenchimento de fissuras
	Transferência da fissuração para as juntas
	Montagem de painéis externos
	Aplicação de membranas

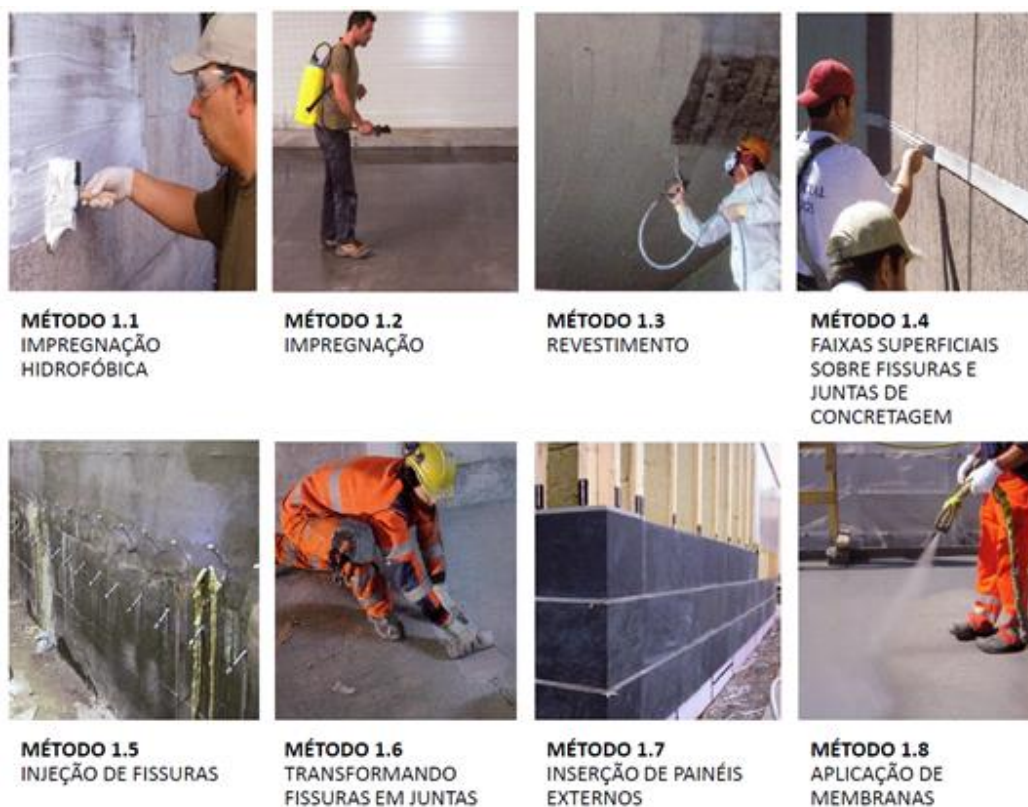


Figura 11 Métodos para proteção para conter o Ingresso no concreto

Fonte: Haddad (2015)

### III.1.2 Controle de Umidade

O princípio de controle de umidade ajusta e da manutenção do teor de humidade no concreto dentro da gama de valores especificada (Figura 12). A presença de excesso de umidade na estrutura depois da fase de endurecimento é prejudicial pois a água participa de várias reações que prejudicam tanto o aço quanto o concreto, tais como corrosão das armaduras pelo ataque por cloretos, carbonatação, expansão álcali-agregado, ou ainda problemas de pressão de cristalização dos sais dentro do concreto, quando faces da estrutura estão expostas a diferentes condições de molhagem/secagem (Bauer, 2000).

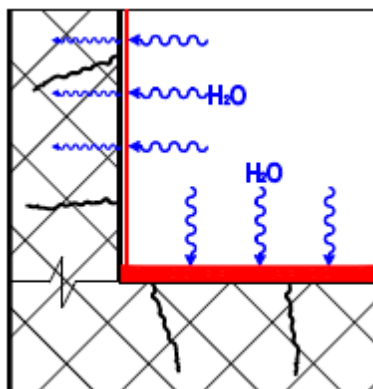


Figura 12 Controle de Umidade

É possível perceber que controlar a umidade dentro do concreto durante sua vida útil é de vital importância para aumentar sua durabilidade. Na Tabela 3 e Figura 12 encontram-se indicados os métodos presentes na EN 1504:2008 relacionados com o princípio de proteção contra o ingresso.

Tabela 8 Métodos relacionados ao controle de umidade

Princípio	Método
Princípio 2 [CH] Controle de Humidade	Impregnação hidrofóbica
	Revestimento superficial
	Resguardo e revestimento
	Tratamento eletroquímico



**MÉTODO 2.1**  
IMPREGNAÇÃO  
HIDROFÓBICA

**MÉTODO 2.2**  
IMPREGNAÇÃO

**MÉTODO 2.3**  
REVESTIMENTO

**MÉTODO 2.4**  
INSERÇÃO DE  
PAINÉIS EXTERNOS

**MÉTODO 2.5**  
TRATAMENTO  
ELETROQUÍMICO

Figura 13 Métodos relacionados ao controle de umidade

Fonte: Haddad (2015)

### III.1.3 Restauração do Concreto

O princípio de restituição do concreto objetiva a restituição do concreto original de um elemento da estrutura à sua forma e função específicas originais ou a restituição da estrutura do concreto por substituição de uma parte do mesmo (Figura 14).

Em muitas situações, o concreto degrada-se naturalmente ao longo do tempo ou por causa de ações externas e falhas de execução. Essas falhas podem gerar inúmeros problemas tais como expor a estrutura a ataques e principalmente impedir que a estrutura funcione como designada em projeto, por diminuição da resistência ou por descentralização dos carregamentos.

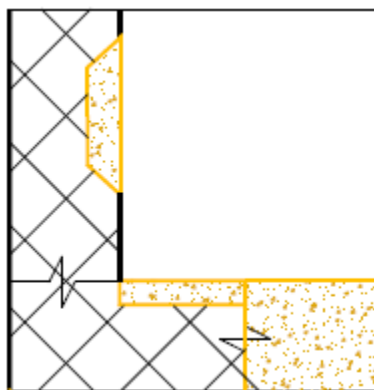


Figura 14 Restauração do Concreto

Como elemento estrutural de suma importância para a segurança, o concreto deve ser devidamente reintegrado a sua geometria original. Abaixo são relacionados os métodos presentes na EN 1504:2008 relacionados ao princípio de de proteção contra o ingresso (Tabela 9 e Figura 15).

Tabela 9 Métodos relacionados a restauração do concreto

Princípio	Método
Princípio 3 [RC] Restauração do Concreto	Aplicação manual de argamassa
	Reposição com concreto
	Projeção de concreto ou argamassa
	Substituição de elementos



Figura 15 Métodos relacionados a restauração do concreto

Fonte: Haddad (2015)

### III.1.4 Reforço Estrutural

O princípio de reforço estrutural busca o aumento ou restituição da capacidade de carga de um elemento da estrutura de concreto (Figura 16). Entende-se como reforço estrutural a alteração das características da estrutura existente buscando a recomposição da capacidade inicial de projeto e/ou adequá-la a novos parâmetros devido a mudança e/ou aumento das cargas atuantes (Monteiro, 2017).

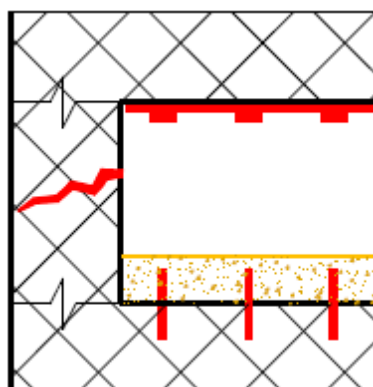


Figura 16 Reforço Estrutural

No passado, as soluções limitavam-se à edição de novos elementos e apoios e ao incremento das seções resistentes, métodos que ainda são empregados. No entanto, com o aprimoramento das técnicas de reforço, apesar da grande variedade de lesões às quais estão sujeitas, já é possível afirmar que quase sempre há uma solução para reparar estruturas danificadas. Abaixo são relacionados os métodos presentes na EN 1504:2008 relacionados ao princípio de de proteção contra o ingresso (Tabela 10 e Figura 17).

Tabela 10 Métodos relacionados ao princípio de reforço estrutural

Princípio	Método
Princípio 4 [RE] Reforço estrutural	Adição ou substituição de barras de aço para reforço embebidas ou externas
	Instalação de barras de reforço aderidas em orifícios perfurados ou pré-formados no concreto
	Aderência de laminados
	Adição de argamassa ao concreto
	Injeção de fissuras, vazios e fendas
	Enchimento de fissuras, vazios e fendas
	Pré-esforço - (pós-tensão)



Figura 17 Métodos relacionados ao princípio de reforço estrutural

Fonte: Haddad (2015)

### III.1.5 Aumento da resistência Química e Física

O aumento da resistência a ataques físicos ou da resistência superficial do concreto à deterioração por ataque químico (Figura 18).

As agressões às estruturas de concreto podem ser físicas (variação de temperatura, umidade, ciclos de congelamento e degelo, ciclos de umedecimento e secagem); químicas (carbonatação, maresia ou água do mar, chuva ácida, corrosão, ataque de ácidos, águas brandas, resíduos industriais); e biológicas (micro-organismos, algas, solos e águas contaminadas). Entre as principais patologias por agentes químicos e ambientais estão a corrosão de armaduras, a carbonatação, ataque de sulfatos, de soluções ácidas e a ação de cloretos. Os sintomas dessas doenças são, em geral, as fissuras, eflorescências, desagregação, lixiviação, manchas, expansão

por sulfatos e reação álcalis-agregado. Tudo isso pode fazer com que o concreto perca sua capacidade de resistência, chegando à ruptura da estrutura.

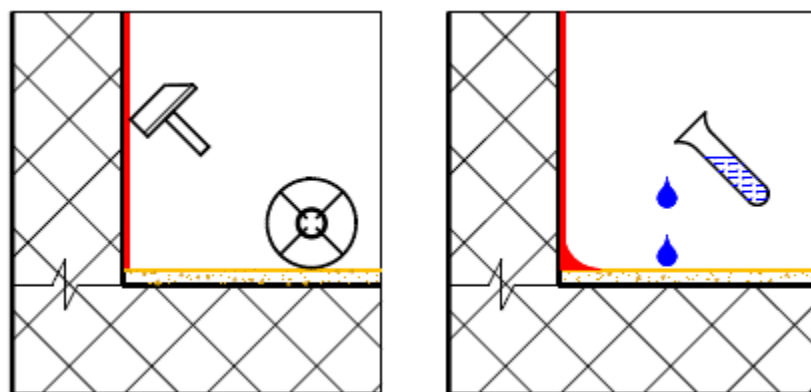


Figura 18 Aumento da resistência Química e Física

Quanto maior for sua exposição a meios mais agressivos (maré, zonas industriais, poluição ambiental, sulfatos, contato intensivo com a umidade), maior a tendência de ocorrência de manifestações patológicas. Abaixo são relacionados os métodos presentes na EN 1504:2008 relacionados ao princípio de de proteção contra o ingresso (Tabela 11 e Figuras 19 e 20).

Tabela 11 Métodos relacionados ao princípio de aumento da resistência química e física

Princípio	Método
Princípios 5 e 6 [RQ e RF] Resistência Química e Física	Coberturas e revestimentos
	Impregnação
	Adição de Concreto ou Argamassa



Figura 19 Métodos relacionados ao princípio de aumento da resistência química

Fonte: Haddad (2015)



Figura 20 Métodos relacionados ao princípio de aumento da resistência física

Fonte: Haddad (2015)

### **III.2 Princípios e Métodos relacionados com defeitos no Aço**

#### **III.2.1 Proteger e Restaurar a Passividade**

O princípio de proteção ou restauração da passividade visa a criação de condições químicas nas quais a superfície da armadura mantém ou volta a adquirir a sua condição passiva (Figura 21). A restauração da passividade altera as condições de estabilidade química da película passivadora do aço.

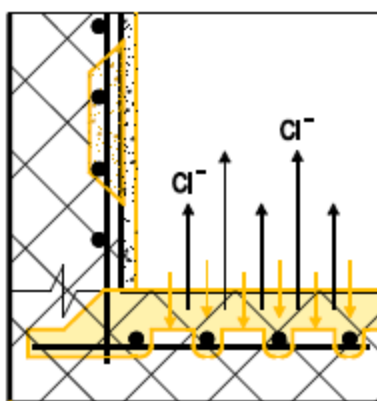


Figura 21 Proteger e Restaurar a Passividade

A alteração do pH pode facilitar o desencadeamento da corrosão, já que a alcalinidade é importante para manter o aço do concreto armado protegido. Abaixo são relacionados os métodos presentes na EN 1504:2008 relacionados ao princípio de de proteção contra o ingresso (Tabela 12 e Figura 22).

Tabela 12 Métodos relacionados a proteção e restauração da passividade

Princípio	Método
Princípio 7 [RP] Preservação ou Restauração da Passividade	Aumento da cobertura das armaduras com adição de concreto ou argamassa cimentícia
	Substituição do concreto contaminado ou carbonatado
	Re-alkalização do concreto carbonatado por difusão
	Re-alkalização eletroquímica do concreto carbonatado
	Extração eletroquímica de cloretos



**MÉTODO 7.1**  
AUMENTO DO COBRIMENTO COM ARGAMASSA OU CONCRETO



**MÉTODO 7.2**  
SUBSTITUIÇÃO DO CONCRETO CARBONATADO / CONTAMINADO



**MÉTODO 7.3**  
REALCALINIZAÇÃO DO CONCRETO CARBONATADO



**MÉTODO 7.4**  
REALCALINIZAÇÃO POR DIFUSÃO DO CONCRETO CARBONATADO



**MÉTODO 7.5**  
EXTRAÇÃO ELETROQUÍMICA DE CLORETOS

Figura 22 Métodos relacionados a proteção e restauração da passividade

Fonte: Haddad (2015)

### III.2.2 Aumentar da Resistividade

A resistividade elétrica é o inverso da condutividade elétrica, podendo ser definida como uma propriedade física do concreto que indica a sua resistência à passagem de corrente elétrica (ZACCARDI ET AL., 2009). Além disto, é um parâmetro importante para indicar o grau e a

distribuição de umidade no concreto, a presença de íons cloreto e a taxa de corrosão da armadura (Figura 23). Em Alonso et al. (1988) ficou comprovado que a resistividade elétrica do concreto está relacionada com a taxa de corrosão da armadura. Uma série de ensaios apontou um aumento expressivo da taxa de corrosão quando a resistividade elétrica do concreto era baixa.

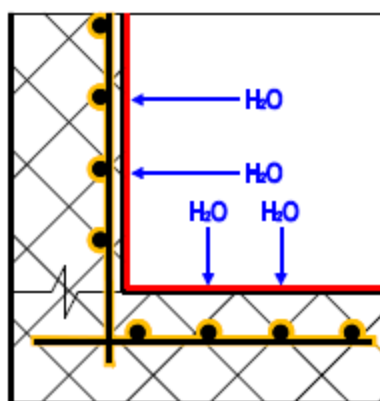


Figura 23 Aumento da resistividade eléctrica do concreto.

Sendo assim, pode-se dizer que a resistividade do concreto está relacionada com a vida útil das estruturas. Na etapa de iniciação, a sua medição, no decorrer do tempo, pode indicar alteração da umidade do concreto e, indiretamente, a penetração de íons cloreto e, na etapa de propagação, a intensidade da corrosão da armadura (ZACCARDI ET AL., 2009). Abaixo são relacionados os métodos presentes na EN 1504:2008 relacionados ao princípio de de proteção contra o ingresso (Tabela 13 e Figura 24).

Tabela 13 Método relacionado ao aumento da resistividade eléctrica do concreto

Princípio	Método
Princípio 8 [AR] Aumento da resistividade	Limitação do teor de humidade por tratamentos de superfície, revestimentos ou coberturas



Figura 24 Método relacionado ao aumento da resistividade eléctrica do concreto

Fonte: Haddad (2015)

### III.2.3 Controle e Proteção Catódica

Proteção catódica é um processo de controle contra a corrosão de metais (Figura 25). O princípio básico é tornar o elemento metálico a ser protegido em um cátodo de uma célula de corrosão, o que pressupõe a presença de um ânodo. Assim, o processo natural de perda de elétrons da estrutura para o meio, fenômeno que causa a corrosão, é compensado pela ligação da estrutura metálica a um ânodo de sacrifício, em geral, um eletrodo de cobre/sulfato. O direcionamento da corrente elétrica preserva a estrutura metálica, ocorrendo corrosão controlada no ânodo.

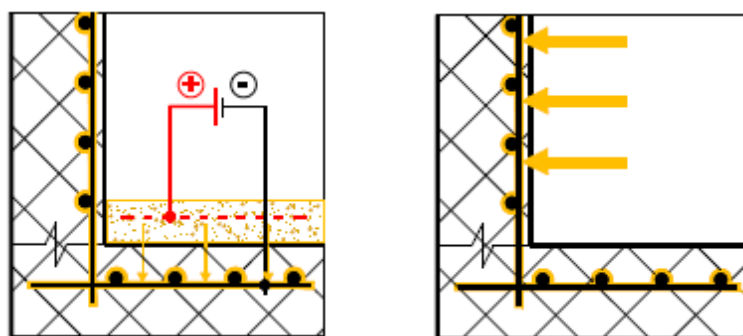


Figura 25 Controle e Proteção Catódica

Com a utilização da proteção catódica consegue-se manter as instalações metálicas completamente livres da corrosão por tempo indeterminado, mesmo que não seja aplicado sobre suas superfícies nenhum tipo de revestimento e que as condições agressivas do meio (solo, água ou outro eletrólito) sejam extremamente severas. É bom lembrar que a proteção catódica é um processo anticorrosivo ativo - em que é possível ajustar a eficiência às necessidades operacionais, o que complementa a proteção proporcionada pelo revestimento externo. Abaixo são relacionados os métodos presentes na EN 1504:2008 relacionados ao princípio de de proteção contra o ingresso (Tabela 14 e Figuras 26 e 27).

Tabela 14 Métodos relacionados ao controle e proteção catódica

Princípio	Método
Princípio 9 [CC] Controle catódico	Limitação do teor de oxigênio (no cátodo) por saturação ou revestimento da superfície
Princípio 10 [PC] Proteção catódica	Aplicação de potencial elétrico



**MÉTODO 9.1**  
LIMITANDO O CONTEÚDO DE  
OXIGÊNIO NO CÁTODO POR  
SATURAÇÃO DA SUPERFÍCIE COM  
UM REVESTIMENTO

Figura 26 Método relacionado ao controle catódico

Fonte: Haddad (2015)



Figura 27 Métodos relacionados a proteção catódica

Fonte: Haddad (2015)

### III.2.4 Controle Anódico

Os inibidores anódicos geralmente favorecem a formação e a manutenção de películas sobre a superfície metálica, essa camada é resultado de reações do inibidor com os produtos de corrosão do aço-carbono (Figura 28). Os anódicos são amplamente especificados para o concreto armado dos mais variados tipos de obras.

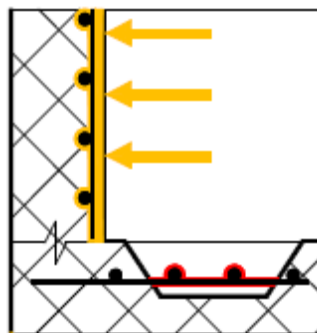


Figura 28 Controle Anódico

Abaixo são relacionados os métodos presentes na EN 1504:2008 relacionados ao princípio de de proteção contra o ingresso (Tabela 15 e Figura 29).

Tabela 15 Métodos relacionados ao controle anódico

Princípio	Método
Princípio 11 [CA] Controle de áreas anódicas	Pintura das armaduras com revestimentos que contenham pigmentos ativos
	Pintura das armaduras com revestimentos de barreira
	Aplicação de inibidores sobre o concreto



**MÉTODO 11.1**  
REVESTIMENTO ATIVO  
NO AÇO DAS  
ARMADURAS



**MÉTODO 11.2**  
REVESTIMENTO POR  
BARREIRA NO AÇO DAS  
ARMADURAS



**MÉTODO 11.3**  
INIBIDORES DE  
CORROSÃO NO  
CONCRETO

Figura 29 Métodos relacionados ao controle anódico

Fonte: Haddad (2015)

## **CAPÍTULO IV**

### **IV.1 Introdução**

O desenvolvimento do mercado da construção civil no Brasil teve forte crescimento na década de 1960, principalmente no Centro-Oeste, com a construção de Brasília. De acordo com os dados da CODEPLAN (Companhia de Planejamento do Distrito Federal) verifica-se que, considerando o crescimento da população de 1995 até 2025, o aumento chega a 90,9% e extrapolando os dados, no ano de 2035 a população de Brasília estará em 3,5 milhões (3.512.409) e a densidade demográfica será de 607 habitantes por quilômetro quadrado.

A necessidade do aumento do número de habitações fomentou o mercado da construção civil que respondeu com a criação de novos bairros verticais, como Águas Claras (Figura 30) que, fundada em 1992, conta atualmente com aproximadamente 590 edifícios distribuídos em 31,5 km<sup>2</sup>. Com a taxa de aproximadamente 23 inaugurações de edifício por ano, é possível perceber a razão do declínio da qualidade da construção civil na cidade. Apenas vinte e cinco anos depois da oficialização da cidade, as construções foram definitivamente interrompidas pelo governo do distrito federal e agora o mercado construtivo, em baixa, se volta para a manutenção dessas edificações.



Figura 30 Visão Plana de Águas Claras - Brasília

Fonte: Google Maps 2017

## **IV.2 Caracterização do Caso de Estudo**

### **V.2.1 Caracterização da Edificação**

O condomínio João Aguiar Madeira é um edifício residencial, localizado no endereço Quadra 206 Lote 05, Águas Claras, Brasília - DF CEP 71.925-180 e sob as coordenadas geográficas: 15°50'36.47"S e 48°1'24.79"O (Figura 31).



Figura 31 Residencial João Aguiar Madeira

Fonte: Google Maps 2018

O condomínio João Aguiar Madeira é constituído por 3 blocos residenciais de múltiplos pavimentos que são interligados pelo pilotis. Cada bloco contém 9 pavimentos e em cada pavimento há 4 apartamentos resultando, ao todo, em 108 unidades habitacionais (Figura 32). Não há nos arquivos do condomínio projetos de estrutura ou arquitetura originais para serem consultados devido a troca de construtoras durante o processo de execução da obra.



Figura 32 Fachada principal João Aguiar Madeira

Os blocos do Edifício João Aguiar Madeira são compostos por sistema estrutural tipo concreto armado e sistema de vedação de alvenaria convencional em tijolo cerâmico. O sistema de revestimento externo é de argamassa padrão com acabamento em pintura e o acabamento da área do pilotis é de pintura tipo grafiato.

A área externa é de concreto armado constituída por garagem descoberta, 2 subsolos, quadra de esportes.

### **IV.3 Metodologia**

A metodologia adotada para o desenvolvimento do trabalho constitui-se de coleta de dados e informações de interesse, execução de inspeções técnicas *in loco* e realização de ensaios tecnológicos.

As vistorias possuem o objetivo de investigar as trincas/fissuras dos pilares de concreto armado do pilotis, detectar eventuais anomalias na garagem descoberta da edificação e averiguar as manifestações patológicas encontradas nas vigas entre os pilares localizados

próximo das vagas de garagem 404 B e 901 A; 604 A e 401 A; 302 C e 903 B e a viga que sustenta a laje da rampa de acesso ao segundo subsolo, com obtenção de características que as classifiquem quanto às causas, origens e grau de risco.

Desta forma, os sistemas que constituem objetos de vistoria e estudo na inspeção predial deste trabalho são os pilares do pilotis que apresentam fissura/trincas (Figura 33), a área da garagem descoberta e as vigas que estão alinhadas as vagas de garagem 404 B e 901 A; 604 A e 401 A; 302 C e 903 B bem como a viga que sustenta a laje da rampa do subsolo (Figura 34).



Figura 33 Pilares Bloco "C"

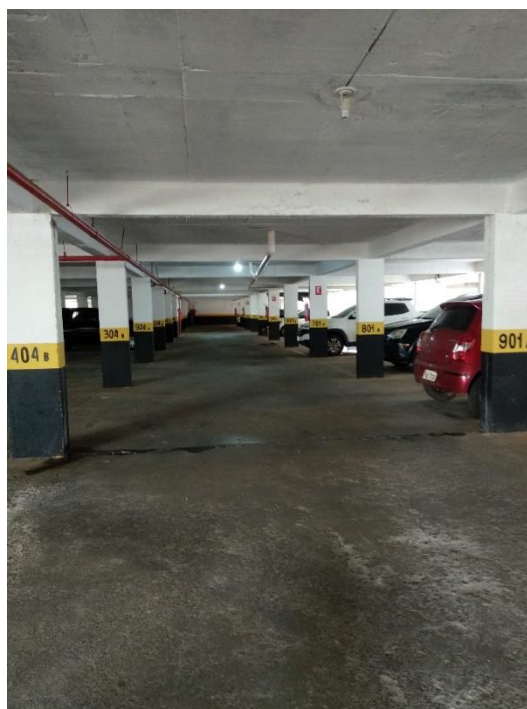


Figura 34 Vista geral da Garagem

Os ensaios tecnológicos foram executados com o intuito de obter informações complementares às inspeções visuais e foram empregados de acordo com as necessidades das áreas em estudo. A seguir, são apresentados os ensaios adotados para os pilares do pilotis e para as vigas que foram analisadas nos subsolos:

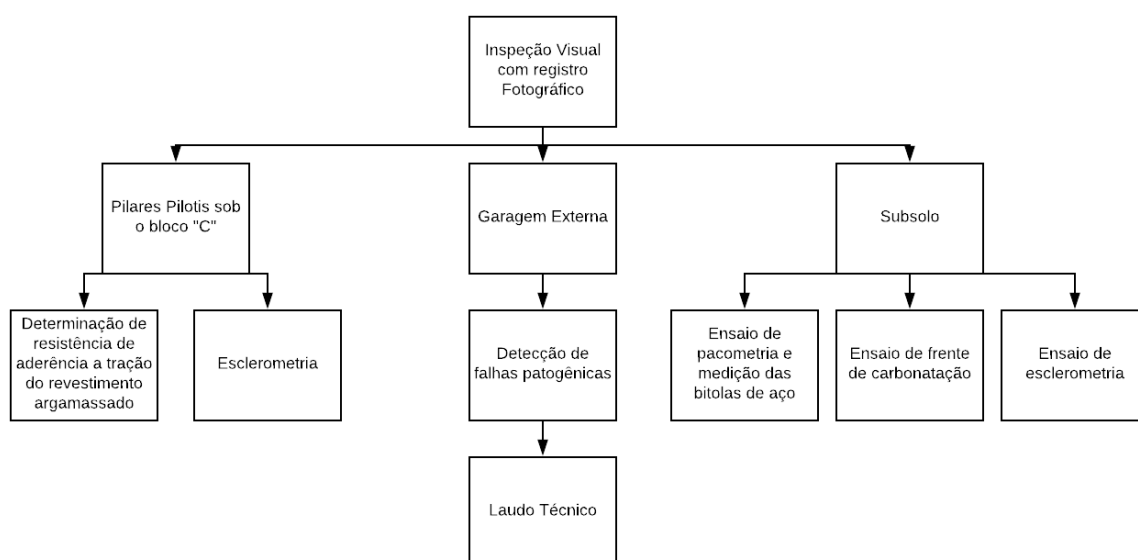
#### 1. Pilares de Concreto Armado do Pilotis:

- Ensaio de Determinação da Resistência de aderência à tração do revestimento argamassado;
- Avaliação de Penetração de Carbonatação com aplicação de fenolftaleína no concreto;
- Medições do cobrimento das Barras de Aço visual.

## 2. Vigas e Pilares do Subsolo:

- Avaliação de Penetração de Carbonatação com aplicação de fenolftaleína no concreto;
- Ensaio de Esclerometria;
- Medições do cobrimento das Barras de Aço com a utilização da pacometria;
- Ensaio de Ultrassonografia.

A representação esquemática da metodologia empregada pode ser visualizada no Organograma 1.



Organograma 1 Metodologia

A metodologia adotada nesse trabalho fundamenta-se na Norma Básica para Perícias de Engenharia e na Norma de Inspeção Predial do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia de São Paulo – IBAPE/SP.

De acordo com a Norma de Inspeção Predial – IBAPE/SP de 2011 são três os níveis de rigor:

- **Nível 1:** vistoria para identificação de anomalias aparentes, elaborada por profissional habilitado e capacitado.
- **Nível 2:** vistoria para identificação de anomalias aparentes identificadas com auxílio de equipamentos, elaborada por profissionais de diversas especialidades. Nele se enquadram edifícios de múltiplos andares, comerciais, residenciais e mistos, centros comerciais, galpões industriais, etc.
- **Nível 3:** vistoria para a identificação de anomalias aparentes e ocultas constatáveis com o auxílio de equipamentos, incluindo testes e ensaios locais e/ou laboratoriais específicos, elaborada por profissionais de diversas especialidades. Neste se enquadram os imóveis com suspeitas de vícios ocultos significativos.

O nível de rigor adotado para o presente trabalho é de **Nível 3**, para as atividades de inspeção predial desenvolvidas *in loco*, visto que os objetos de estudo em questão apresentam vícios ocultos e que a vistoria contou com o emprego da fenolftaleína para averiguação da carbonatação do concreto e de equipamentos tais como: pacômetro, ultrassom, esclerômetro e fissurômetro.

#### **IV.4 Vistoria**

Seguindo a metodologia previamente definida para o desenvolvimento do trabalho, a avaliação de desempenho e diagnóstico iniciou-se por meio de inspeção visual e registros fotográficos dos objetos de estudo do trabalho.

É importante ressaltar que não serão aqui apresentadas neste documento toda a extensão das patologias encontradas em vistoria, mas sim exemplos das tipologias espalhados pela edificação em questão. Será exposto, especificamente, as patologias encontradas na laje, junta de dilatação e vigas do nível -1, assim como as encontradas nos pilares do pilotis sob o bloco “C”.

#### IV.4.1 Juntas de dilatação superior nível -1

##### *IV.4.1.1 Alinhamento 302 C e 903 B*

Foi identificado visualmente que a viga do alinhamento das vagas de garagem 302 C e 903 B apresentava infiltrações (Figura 35), mofo na pintura (Figura 36), deslocamento do concreto (Figura 37) e sinais de corrosão das armaduras.



Figura 35 Infiltrações e sinais de corrosão na viga alinhada na direção dos pilares 302 C e 903 B



Figura 36 Mofo na pintura e sinais de corrosão da armadura na viga alinhada na direção dos pilares 302 C e 903 B



Figura 37 Desplacamento do concreto e sinais de corrosão da armadura na viga alinhada na direção dos pilares 302 C e 903 B

Verificou-se, também, que a junta de dilatação dessa viga apresentava-se deteriorada, como pode ser visualizada na Figura 35. Esse sistema é inserido à edificação para que as partes adjacentes à junta atuem como corpos rígidos independentes e caso haja alguma movimentação da estrutura, não surja fissuras/trincas. Portanto, a junta presente na viga próxima às garagens 302 C e 903 B não está desempenhando a função para a qual foi projetada, visto que está muito danificada.

#### *IV.4.1.2 Alinhamento 404 B e 901 A*

Durante a vistoria, foi possível identificar que a viga alinhada com as vagas de garagem 404 B e 901 A expunha sinais de infiltração, corrosão da armadura, eflorescências/estalactites e deslocamento/bicheiras no concreto, como apresentado nas figuras 38 e 39.



Figura 38 Infiltrações, estalactites e sinais de corrosão das armaduras na viga próxima às garagens 404 B e 901 A.



Figura 39 Infiltrações, estalactites e sinais de corrosão das armaduras na viga próxima às garagens 404 B e 901 A.

Assim como o observado na viga do alinhamento 302 C e 903 B (Figuras 35 a 37) do foi identificado que os sistemas de impermeabilização das juntas de dilatação estão danificados de maneira semelhante, como pode ser visualizado nas Figuras 38 a 39.

#### *IV.4.1.3 Alinhamento 604 A e 401 A*

A viga localizada no alinhamento das garagens 604 A e 401 A apresentava-se no estado mais crítico das vigas em análise, pois ela possuía uma grande quantidade de eflorescências/estalactites (Figura 40), exibia muitos sinais de corrosão da armadura, deslocamento do concreto, infiltrações e danos no sistema de impermeabilização das juntas de dilatação (Figuras 40 a 43).



Figura 40 Estalactites na viga próxima às garagens 604 A e 401 A.



Figura 41 Sinais de infiltração na viga próxima às garagens 604 A e 401 A.



Figura 42 Deslocamento do concreto, corrosão do aço e sinais de infiltração na viga próxima às garagens 604 A e 401 A.



Figura 43 Deslocamento do concreto, corrosão do aço e sinais de infiltração na viga próxima às garagens 604 A e 401 A.

#### IV.4.2 Laje da Garagem nível -1

Durante as vistorias, verificou-se que a laje do 1º Subsolo possuía muitos sinais de infiltração, incluindo estalactites formadas pela lixiviação do concreto (Figuras 44 e 45).



Figura 44 Sinais de infiltração na laje de cobertura do 1º subsolo

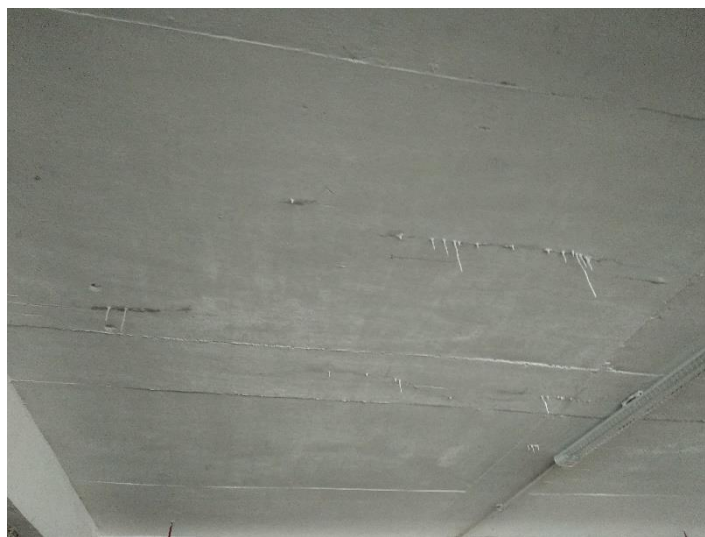


Figura 45 Estalactites na laje de cobertura do 1º subsolo

Em função dessa passagem de água pela laje, algumas áreas dispunham de estruturas provisórias para impedir a água, que contém sais e impurezas, de atingir os veículos (Figura 46).

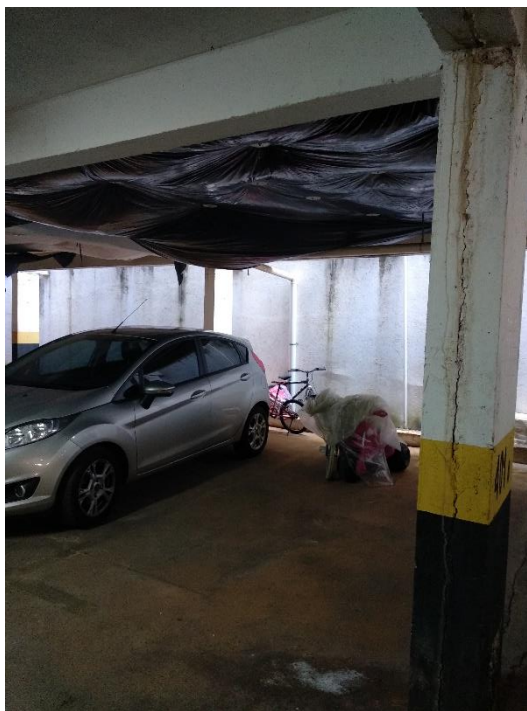


Figura 46 Estruturas provisórias para conter a água da infiltração

#### IV.4.3 Pilares do Pilotis sob o bloco “C”

A vistoria dos pilares do pilotis iniciou-se com uma inspeção visual em todos os pilares do térreo visando identificar as estruturas que apresentavam fissuras/trincas no revestimento argamassado.

Observou-se que os pilares que possuíam as manifestações patológicas (fissuras/trincas e infiltração) encontravam-se exclusivamente no Bloco C (Figura 47).



Figura 47 Pilares, voltados para a garagem descoberta, que apresentam fissuras/ trincas no revestimento argamassado.

Após a execução desse reconhecimento, foram selecionados os pilares do bloco “C” que apresentavam fissuras/trincas no revestimento argamassado e realizou-se o ensaio destrutivo de remoção do acabamento a fim de averiguar se as manifestações patológicas eram causadas apenas pelo deslocamento do reboco ou se havia anomalias na estrutura.

A retirada da camada de reboco possibilitou visualizar que as fissuras/trincas presentes nos pilares ensaiados foram promovidas por anomalias na estrutura, visto que a armadura passou pelo processo de oxidação e estava nitidamente corroída (Figuras 48 e 49).



Figura 48 Corrosão das armaduras dos pilares ensaiados



Figura 49 Corrosão das armaduras dos pilares ensaiados

Verificou-se, também ao realizar o ensaio destrutivo nos pilares que o cobrimento nominal do concreto é inferior ao estabelecido pela norma NBR 6118 de 1978, valor correspondente a 20 milímetros para o grau de agressividade II (Figura 50).



Figura 50 Cobrimento nominal do pilar do pilotis

#### IV.4.4 Garagem Descoberta

A inspeção visual da garagem descoberta partiu da área próxima à guarita, prosseguindo no sentido da quadra de esportes (Figuras 51). Verificou-se que o piso da região se apresentava muito danificado, com trincas/fissuras e deslocamento do revestimento de concreto (Figuras 52 e 53).



Figura 51 Imagens da garagem descoberta



Figura 52 Fissuras/trincas no piso de concreto da garagem descoberta



Figura 53 Fissuras/trincas e deslocamento do piso de concreto da garagem descoberta

Além disso, foram constatados orifícios dispersos ao longo do piso de concreto semelhantes à instalação de ralos. No entanto, não existe nenhum sistema de drenagem que dê destino às águas acumuladas. Portanto, ficam retidas nas pequenas tubulações inseridas nas cavidades, contribuindo para a infiltração nas lajes e vigas da garagem coberta (Figura 54).



Figura 54 Orifício no piso de concreto da garagem descoberta

Observou-se também, a presença de poças de água sobre algumas regiões do piso de concreto da garagem descoberta. Esta área possui apenas duas juntas de dilatação, as quais contém fissuras/trincas, inexistência de material elástico (NP1) em certos trechos e deterioração do concreto nas extremidades das juntas (Figuras 55 e 56).



Figura 55 Danos apresentados na 1ª junta de dilatação da garagem descoberta, coincidente com a junta do alinhamento 404B e 901 A



Figura 56 Danos apresentados na 2ª junta de dilatação da garagem descoberta, coincidente com a junta do alinhamento 604 A e 401 A

## **IV.5 Análise, Deterioração e Risco**

### **IV.5.1 Juntas de dilatação superior nível -1**

A lixiviação é um processo que ocorre devido ao fluxo de água por entre os poros das estruturas de concreto que dissolve e transporta cristais de hidróxidos de magnésio e cálcio presentes na composição do concreto. Esse transporte propicia a formação de eflorescências nas edificações, que são o depósito desses sais na superfície dos componentes das alvenarias.

Como apresentado no item IV.4.1 deste trabalho, as vigas apresentam sinais de eflorescência causadas pela lixiviação do concreto devido às infiltrações advindas das juntas de dilatação como mencionado anteriormente. Essa eflorescência atingiu um grau significativo a ponto de formar estalactites nas estruturas.

Na laje próxima às garagens 604 A e 401 A, foram encontradas eflorescências assim como nas vigas supracitadas, e essas manifestações patológicas também ocorreram devido à lixiviação do concreto originadas pela percolação de água proveniente da garagem descoberta, como citado no item 9.1.1.

Conclui-se que a ocorrência de lixiviação e eflorescências nos locais descritos foi causada por falha no processo executivo da construção e falta de manutenção por parte do condomínio.

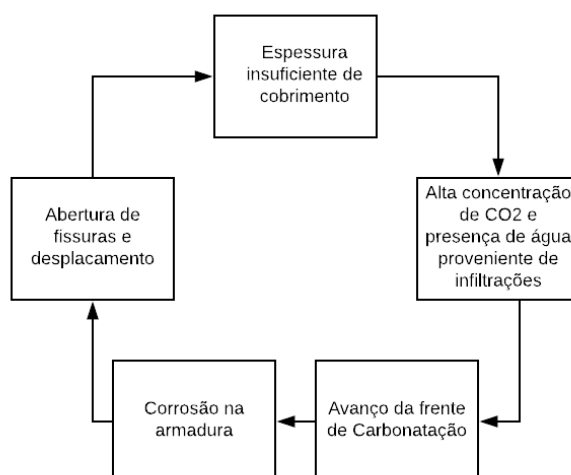
Foi verificado, por meio do ensaio de pacometria e inspeções visuais, que a espessura dos cobrimentos da armadura das vigas é insuficiente devido ao processo executivo inadequado, o que causou a insuficiência da cobertura da barra de aço, não se adequando assim às especificações estabelecidas por norma.

Em consequência disso, tem-se a frente de carbonatação avançada do concreto, cuja existência pode ser corroborada por meio do emprego da fenolftaleína. A redução da alcalinidade do concreto somada à infiltração proveniente das juntas de dilatação da garagem descoberta induz a corrosão da armadura. O processo de corrosão gera o aumento de seção das barras de aço, causando a abertura de trincas, fissuras e rachaduras na estrutura e o deslocamento do concreto de cobertura, como exposto no item IV.4.1 desse trabalho.

Vale ressaltar que as condições de exposição do subsolo, devido à circulação de veículos, contribuem significativamente na ocorrência das manifestações patológicas verificadas. A alta concentração de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) no ambiente e a inadequação do cobrimento das vigas, pilar e lajes intensificam o processo de carbonatação do concreto e corrosão da armadura nesses elementos.

Assim sendo, pelo o que foi observado nas inspeções visuais dos ensaios realizados, a manifestação patológica de corrosão das armaduras foi causada pela mão de obra desqualificada e pelo processo de execução da obra, uma vez que o mesmo não cumpriu o que a norma estabelecia.

O fluxograma 2 apresenta um esquema explicativo das causas e do ciclo das manifestações patológicas observadas nas estruturas do subsolo.



Fluxograma 2 Esquema explicativo das causas e do ciclo das manifestações patológicas observadas nas estruturas do subsolo

Assim como apresentado, foi verificado que as juntas de dilatação da garagem coberta não passaram por nenhum tipo de manutenção corretiva ou preventiva, tendo em vista não ser possível identificar o material NP1, além de haver o desprendimento do tarussel em alguns casos.

#### IV.5.2 Laje da Garagem nível -1

O diagnóstico para a falha na concretagem/bicheiras e corrosão das armaduras (vigas, lajes e pilar da rampa de acesso do 2º subsolo da garagem), pelo o que foi observado durante a vistoria e constatado no item 6.1.4, foi causado durante o processo executivo, uma vez que a mão de obra de obra não executou devidamente os processos de vibração, lançamento e adensamento do concreto e não houve o devido cumprimento mínimo necessário de cobrimento das armaduras nas peças estruturais.

Como consequência, a armadura ficou exposta aos agentes agressivos como CO<sub>2</sub>, ocasionando a corrosão das barras de aço.

#### IV.5.3 Pilares do Pilotis sob o bloco “C”

As reações de corrosão da armadura produzem óxido de ferro, cujo volume é consideravelmente superior ao original do metal, provocando o aumento de seção das barras de aço. Essa expansão causa a abertura de trincas, fissuras e rachaduras nas peças de concreto em regiões próximas à armadura.

As aberturas de trincas, fissuras e rachaduras nos pilares do pilotis localizados no Bloco C, foram observadas sempre nas regiões onde foi detectado o aumento da seção da barra de aço devido a corrosão da armadura, o que indica que este problema é decorrente das alterações químicas de carbonatação do concreto, e conseqüente corrosão da armadura. A frente de carbonatação avançada do concreto foi constatada através da utilização da fenolftaleína sobre a superfície do concreto exposta após a execução do ensaio destrutivo.

Outro fator que influenciou na formação das manifestações patológicas observadas nos pilares foi a insuficiência do cobrimento nominal do concreto. Por meio da inspeção visual foi possível concluir que as espessuras dos cobrimentos da armadura das estruturas ensaiadas eram insuficientes e não se adequavam às especificações estabelecidas por norma.

Porém, com intuito de embasar essas alegações, utilizou-se do pacômetro em alguns pilares dos pavimentos superiores, tendo em vista que a espessura do revestimento argamassado das estruturas do pilotis possuía dimensões significativas e o emprego deste ensaio seria ineficaz.

Infere-se então que a manifestação patológica de corrosão nos pilares deve-se ao processo executivo inadequado o qual não teve cobrimento suficiente conforme é descrito na NBR 6118:1978.

Os sinais de infiltração do Pilar do Pilotis posicionado no Bloco C são provenientes possivelmente da passagem de água da área externa uma vez que essa estrutura está na periferia da área descoberta.

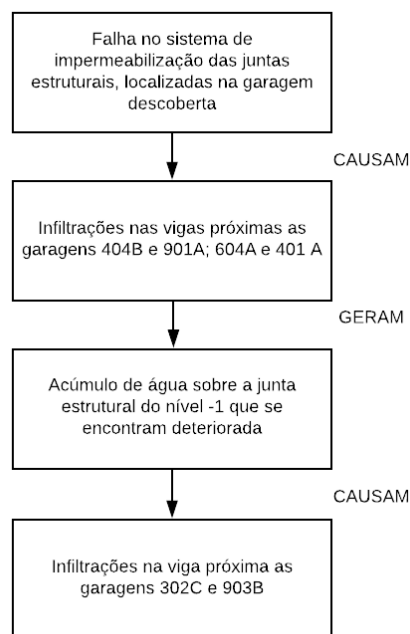
O diagnóstico da infiltração no Pilar do Pilotis localizado no lado oposto à garagem descoberta foi causada pelas condições de exposição do local.

#### IV.5.4 Garagem Descoberta

As infiltrações constatadas ao longo das vigas próximas às garagens 404 B e 901 A; 604 A e 401 A; do 1º subsolo da garagem coberta são causadas pelas falhas dos sistemas de impermeabilização das juntas de dilatação da garagem descoberta, visto que esses sistemas apresentam-se muito deteriorados e não possuem o material NP1 e/ou manta impermeabilizante para proporcionar a estanqueidade do local.

A viga que está no alinhamento das garagens 302 C e 903 B no 2º subsolo também possui infiltração em função da falha do sistema de impermeabilização da junta estrutural, mas nesse caso a junta que proporciona a passagem de água está contida no piso do 1º subsolo.

De maneira geral, a água infiltra através da junta de dilatação da garagem descoberta, passa por entre as vigas 404 B e 901 A; 604 A e 401 A e se acumula sobre a junta estrutural presente no piso do 1º subsolo. Como esse sistema também está danificado, ele proporciona o fluxo de água para a viga contida no 2º subsolo (Fluxograma 3).



Fluxograma 3 Esquema de como ocorre à infiltração nas vigas do subsolo da garagem coberta

O acúmulo de água da garagem descoberta, acrescido dos possíveis danos aos sistemas de impermeabilização, ocasionam infiltrações nas lajes e contribuem para o surgimento de anomalias como mofo na pintura e eflorescências no teto.

Inferese assim que essas manifestações patológicas descritas são relacionadas ao processo executivo e a falta de manutenção por parte do condomínio.

Não foi objetivo, deste estudo, analisar quantitativamente e qualitativamente o sistema de captação pluvial da garagem descoberta. No entanto, com o observado in loco pode-se afirmar que esse sistema não está adequado para a região, uma vez que foi observado grande quantidade de poças de água sobre piso de concreto.

Além disso, o piso da garagem descoberta apresentava-se muito deteriorado devido a sua má execução e falta de manutenção preventiva.

As falhas nos sistemas de impermeabilização nas juntas estruturais na garagem descoberta são provenientes de sua má execução, somadas a falta de manutenção corretiva e/ou preventiva, visto que não foi possível identificar o material NP1 e o tarucel, além da deterioração do concreto nas proximidades das juntas de dilatação oriunda do uso.

#### IV.5.5 Deterioração

Para o cálculo da deterioração pela metodologia GDE foram utilizados padrões encontrados em Castro (1994), que são os padrões inalterados na maioria dos trabalhos científicos posteriores. Esses padrões foram mantidos a fim de que se utilizasse a metodologia mais próxima do original, se atentando a evolução presente em Fonseca (2007) no que concerne a especificação do  $F_p$  para diferentes tipologias de fissura. Abaixo seguem os padrões utilizados para  $F_p$  e  $F_i$  (Tabelas 16 a 19).

Tabela 16 Famílias de elementos estruturais, danos e fatores de ponderação (Fp)

<b>PILAR</b>	
<b>Dano</b>	<b>FP</b>
Desvio de geometria	4
Recalque	5
Infiltração na base	3
Segregação	3
Lixiviação	2
Esfoliação	4
Desagregação	3
Esmagamento	5
Cobrimento deficiente	3
Corrosão	4
Fissura	F2007
Carbonatação	4
Presença de Cloreto	5
Manchas	2

<b>VIGAS</b>	
<b>Dano</b>	<b>FP</b>
Segregação	2
Lixiviação	2
Esfoliação	4
Desagregação	3
Cobrimento deficiente	3
Corrosão	3
Flecha	5
Fissura	F2007
Carbonatação	4
Infiltração	3
Presença de Cloreto	5
Manchas	1

<b>CORTINA</b>	
<b>Dano</b>	<b>FP</b>
Esmagamento	5
Desvio de Geometria	3
Infiltração	3
Segregação	2
Lixiviação	2
Esfoliação	4
Desagregação	3
Deslocamento por Empuxo	5
Cobrimento deficiente	3
Corrosão	3
Fissura	F2007
Carbonatação	3
Presença de cloretos	5
Manchas	1

<b>LAJE</b>	
<b>Dano</b>	<b>FP</b>
Segregação	2
Lixiviação	1
Esfoliação	4
Desagregação	4
Cobrimento deficiente	3
Corrosão	3
Flecha	5
Fissura	F2007
Carbonatação	4
Infiltração	3
Presença de Cloreto	5

<b>JUNTA DE DILATAÇÃO</b>	
<b>Dano</b>	<b>FP</b>
Obstrução	2
Fissura	3
Deslocamento	2
Manchas	1

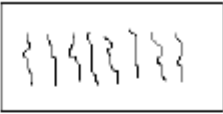

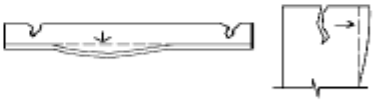
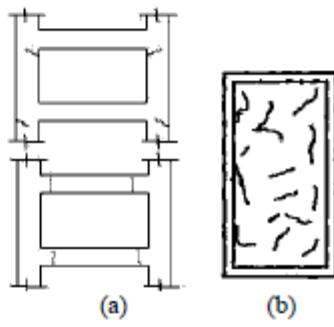
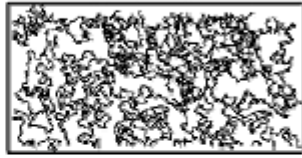
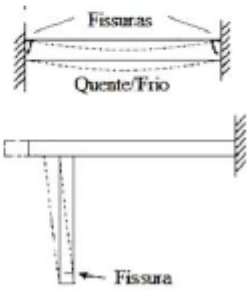
  

<b>ESCADA E RAMPA</b>	
<b>Dano</b>	<b>FP</b>
Segregação	2
Lixiviação	2
Esfoliação	4
Desagregação	3
Cobrimento deficiente	3
Corrosão	3
Flecha	5
Fissura	F2007
Carbonatação	4
Infiltração	3
Presença de Cloreto	5
Manchas	2

Fonte: Castro (1994) com adaptações de Fonseca (2007)

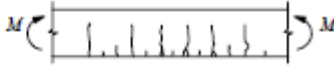
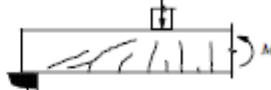
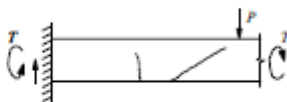

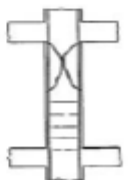
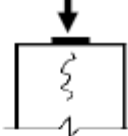
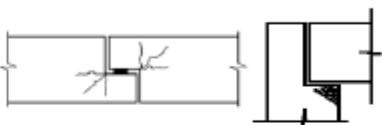



\*F2007: Especificações em Fonseca (2007)

Tabela 17 Tipologia de fissuras em elementos de concreto armado (Estado Plástico e Endurecido)

	Fissuras	Descrição	Croquis	$F_p$
ESTADO PLÁSTICO	de retração plástica do concreto	- comuns em lajes e paredes - paralelas, superficiais e afastadas de 0,3 a 1 m.		2
	de assentamento do concreto	- acompanham as armaduras - em pilares, ficam abaixo dos estribos; - interação com armaduras vizinhas		3
	de movimentação de fôrmas	- indicam mau posicionamento, má fixação ou resistência insuficiente de fôrmas e escoramentos		3
ESTADO ENDURECIDO	de retração do concreto por secagem	- vigas podem ocasionar fissuras nos pilares e vice-versa, por diferenças de rigidez (a) - aspecto de mosaico em lajes e paredes, podendo aparecer em ambas as faces (b) - indicam restrição de movimentos - profundidade reduzida - aberturas de 0,1 a 0,2 mm		3
	mapeadas	- mais visíveis em superfícies lisas de lajes e paredes - abertura e extensão reduzidas - indicam desempenho excessivo. - danos apenas estéticos, em geral		2
	de variações de temperatura	- em geral, normais ao eixo de elementos lineares - indicam restrição de movimento por mau funcionamento de juntas de dilatação e/ou sua inexistência		3

Fonte: Fonseca (2007)

Tabela 18 Tipologia de fissuras em elementos de concreto armado (Erros de Projeto, Execução ou Cargas excessivas)

	Fissuras	Descrição	Croquis	$F_p$
ERROS DE PROJETO/ EXECUÇÃO OU CARGAS EXCESSIVAS	de flexão em vigas	- normais ao eixo, em trechos de momento fletor elevado e com boa aderência aço-concreto		4
	de força cortante - flexão em vigas	- inclinadas nas duas faces - podem entrar na zona de compressão e se dirigir aos apoios		4
	de cortante, momentos de torção e flexão em vigas	- inclinadas em uma face - na face oposta: menor abertura e inclinação		4
	de flexo-tração em pilares	- normais ao eixo do pilar na face tracionada - paralelas ao eixo na face comprimida, podem indicar esmagamento do concreto - mais próximas de extremidade com maior momento		5
	de compressão	- paralelas ao eixo e convergindo para o centro nas proximidades de ruptura - indicam espaçamento excessivo ou deslocamento de estribos		5
	de carga concentrada em área reduzida	- comuns em apoios de pontes, estruturas pré-moldadas e apoios indiretos - indicam armadura deficiente de fretagem e mau detalhamento		3
	em apoios do tipo gerber (vigas e pilares)	- comuns em pontes e estruturas pré-moldadas - indicam deficiência de aparelhos de apoio e/ou detalhamento inadequado		3
	de flexão em lajes	- na face inferior, paralelas aos vãos com continuidade ou vãos maiores, se estendendo em direção aos cantos - na face superior, paralelas aos e bordos com continuidade		4
	de momentos volventes	- em cantos de lajes extremas, podendo abrir nas duas faces - influenciadas por variações de temperatura e retração		3
de punção	- traçado circular e/ou radial em torno do pilar		5	

Fonte: Fonseca (2007)

Tabela 19 Classificações dos danos e fatores de intensidade (Fi)

<b>Segregação</b>	1 - superficial e pouco significativa em relação às dimensões da peça;
	2 - significativa em relação às dimensões da peça;
	3 - profunda em relação às dimensões da peça, com ampla exposição da armadura;
	4 - perda relevante da seção da peça.
<b>Eflorescência</b>	1 - início de manifestação;
	2 - manchas de pequenas dimensões;
	3 - manchas acentuadas, em grandes extensões.
<b>Esfoliação</b>	2 - pequenas escamações do concreto;
	3 - lascamento, de grandes proporções, com exposição da armadura;
	4 - lascamento acentuado com perda relevante de seção.
<b>Desagregação</b>	2 - início de manifestação;
	3 - manifestações leves;
	4 - por perda acentuada de seção e esfrelamento do concreto;
<b>Cobrimento</b>	1 - menores que os previstos em norma sem, no entanto, permitir a localização da armadura;
	2 - menor do que o previsto em norma, permitindo a localização da armadura ou armadura exposta em pequenas extensões;
	3 - deficiente com armaduras expostas em extensões significativas.
<b>Corrosão</b>	2 - manifestações leves;
	3 - grandes manchas e/ou fissuras de corrosão;
	4 - corrosão acentuada na armadura principal, com perda relevante de seção.
<b>Flecha</b>	1 - não perceptíveis a olho nu;
	2 - perceptíveis a olho nu, dentro dos limites previstos em norma;
	3 - superiores em até 40% às previstas na norma;
	4 - excessivas.
<b>Recalque</b>	2 - indícios, pelas características de trincas na alvenaria;
	3 - recalque estabilizado com fissuras em peças estruturais;
	4 - recalque não estabilizado com fissuras em peças estruturais.
	4 - recalque não estabilizado com fissuras em peças estruturais.
<b>Fissuras</b>	1 - aberturas menores do que as máximas previstas em norma;
	2 - estabilizadas, com abertura até 40% acima dos limites de norma;
	3 - aberturas excessivas; estabilizadas;
	4 - aberturas excessivas; não estabilizadas.
<b>Carbonatação</b>	1 - localizada, com algumas regiões com pH <9, sem atingir a armadura;
	2 - localizada, atingindo a armadura, em ambiente seco;
	3 - localizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido;
	4 - generalizada, atingindo a armadura, em ambiente úmido.
<b>Infiltração</b>	1 - indícios de umidade;
	2 - pequenas manchas;
	3 - grandes manchas;
	4 - generalizada.
<b>Presença de Cloretos</b>	2 - em elementos no interior sem umidade;
	3 - em elementos no exterior sem umidade;
	4 - em ambientes úmidos.
<b>Manchas</b>	2 - manchas escuras de pouca extensão, porém significativas;
	3 - manchas escuras em todo o elemento estrutural
<b>Sinais de Esmagamento</b>	3 - desintegração do concreto na extremidade superior do pilar, causada por sobrecarga ou movimentação da superestrutura; fissuras diagonais isoladas;
	4 - fissuras de cisalhamento bidiagonais, com intenso lascamento (esmagamento) do concreto devido ao cisalhamento e a compressão, com perda substancial de seção, deformação residual aparente; exposição e início de flambagem de barras da armadura.
<b>Desvio de Geometria</b>	2 - pilares e cortinas com excentricidade $\leq h/100$ ( h = altura)
	3 - pilares e cortinas com excentricidade $\geq h/100$
<b>Infiltração da Base</b>	3 - indícios de vazamento em tubulações enterradas que podem comprometer as fundações;
	4 - vazamentos em tubulações enterradas causando erosão aparente junto às fundações
<b>Junta de dilatação obstruída</b>	2 - perda de elasticidade do material da junta;
	3 - presença de material não compressível na junta.
<b>Fissuras vizinhas as juntas de dilatação</b>	2 - lajes com início de fissuras adjacentes às juntas;
	3 - grande incidência de lajes com fissuras adjacentes às juntas;
	4 - idem, com prolongamento das fissuras em vigas e/ou pilares de suporte.
<b>Deslocamento por empuxo</b>	3 - deslocamento lateral no sentido horizontal, com excentricidade porém estável;
	4 - deslocamento lateral no sentido horizontal, instável.

Fonte: Castro (1994)

Após a escolha dos padrões para Fp e Fi, foi realizada a vistoria na área da garagem, para fins organizacionais foram separados os elementos primeiramente por tipo (Figura 57) e depois por família, baseando-se no seu grau de deterioração, para avaliação foram divididas as (Figuras 58 a 63).

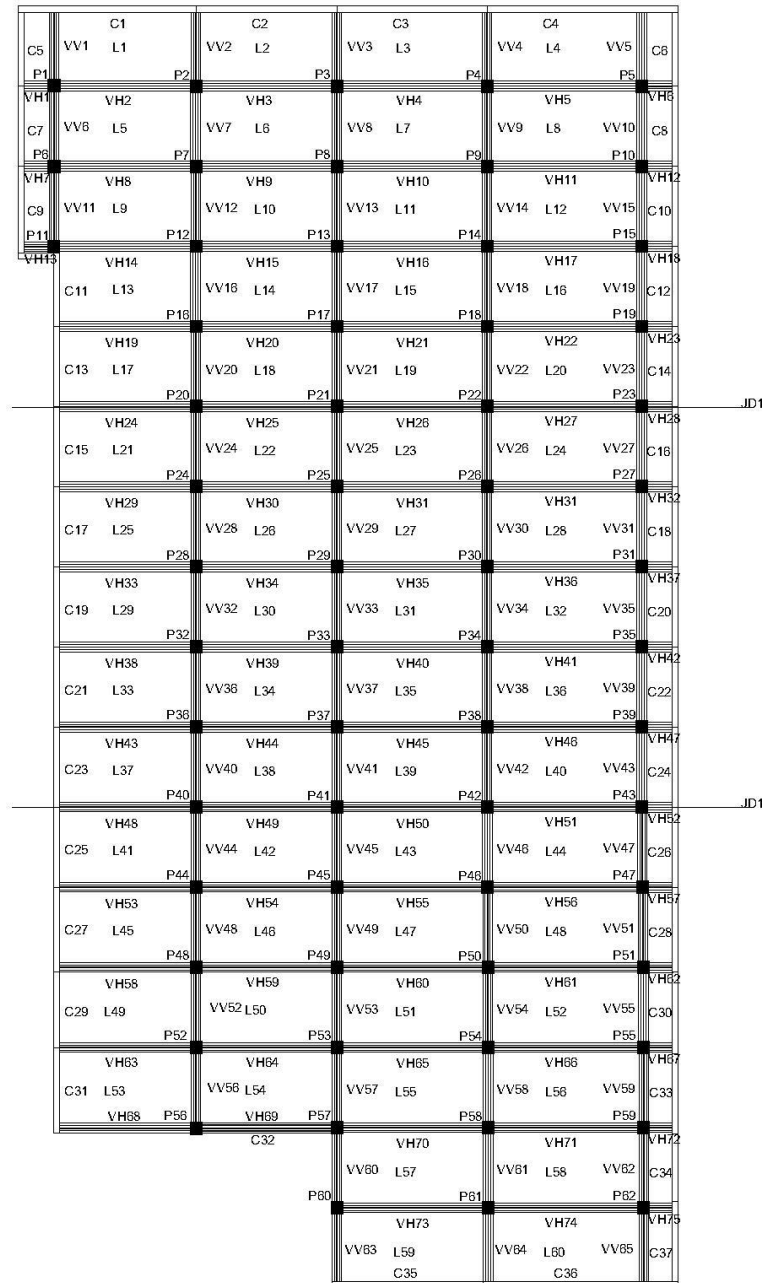


Figura 57 Identificação total dos Elementos

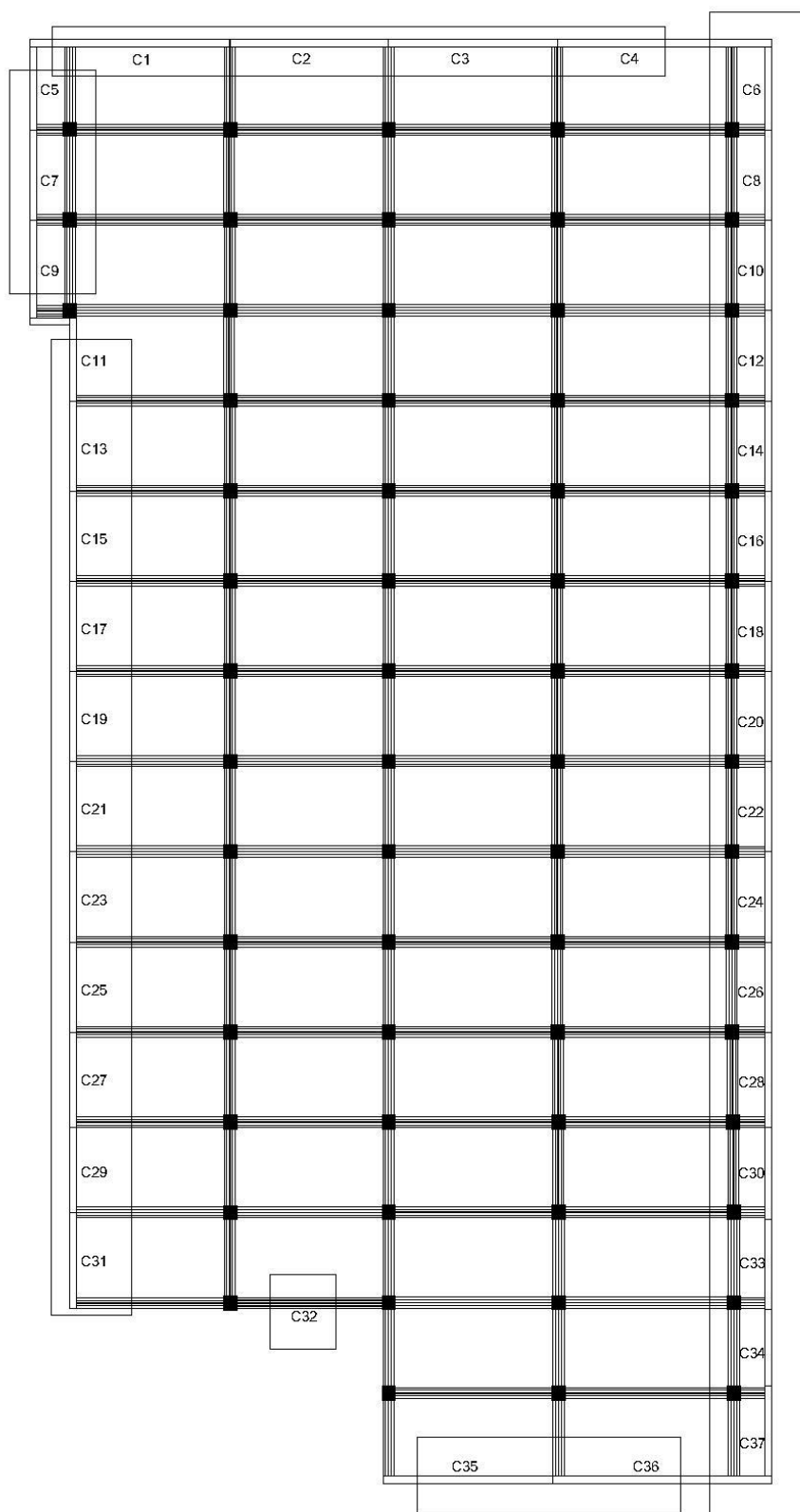


Figura 58 Identificação Famílias de Cortinas

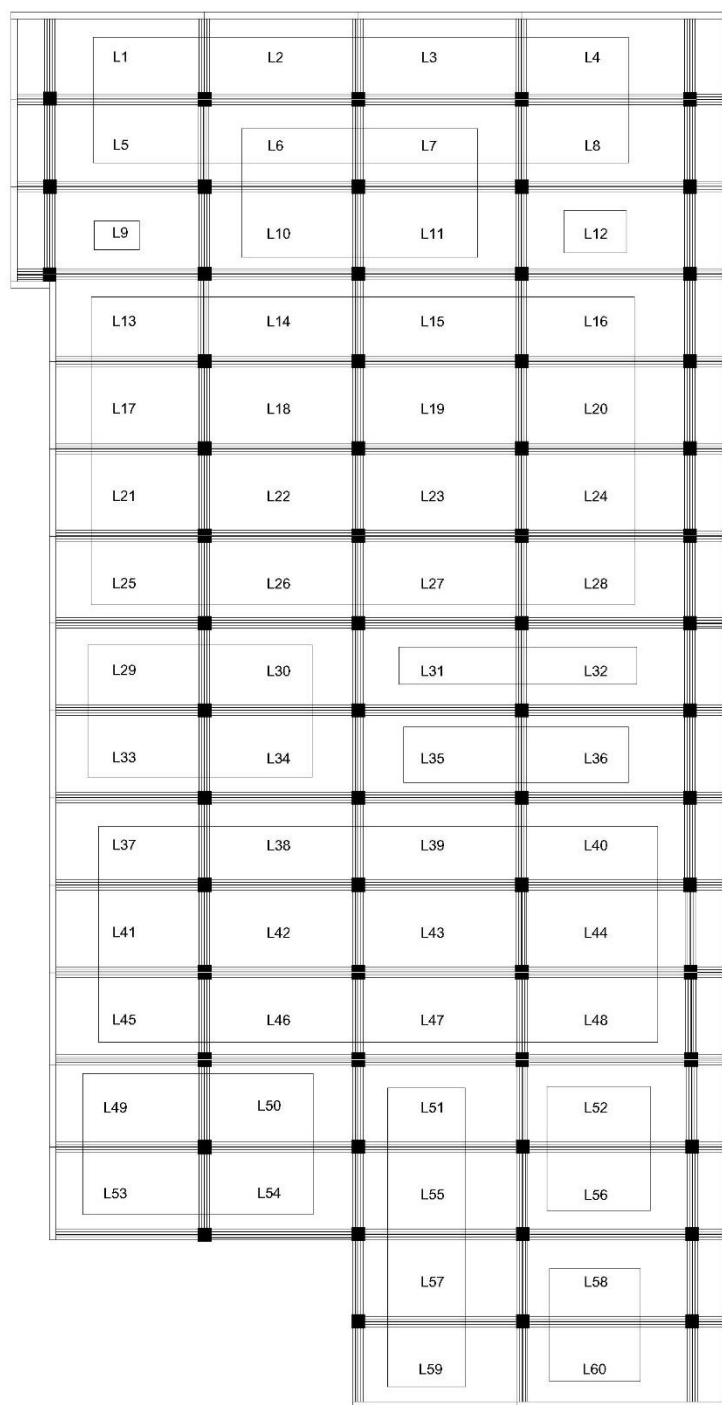


Figura 59 Identificação Famílias de Lajes

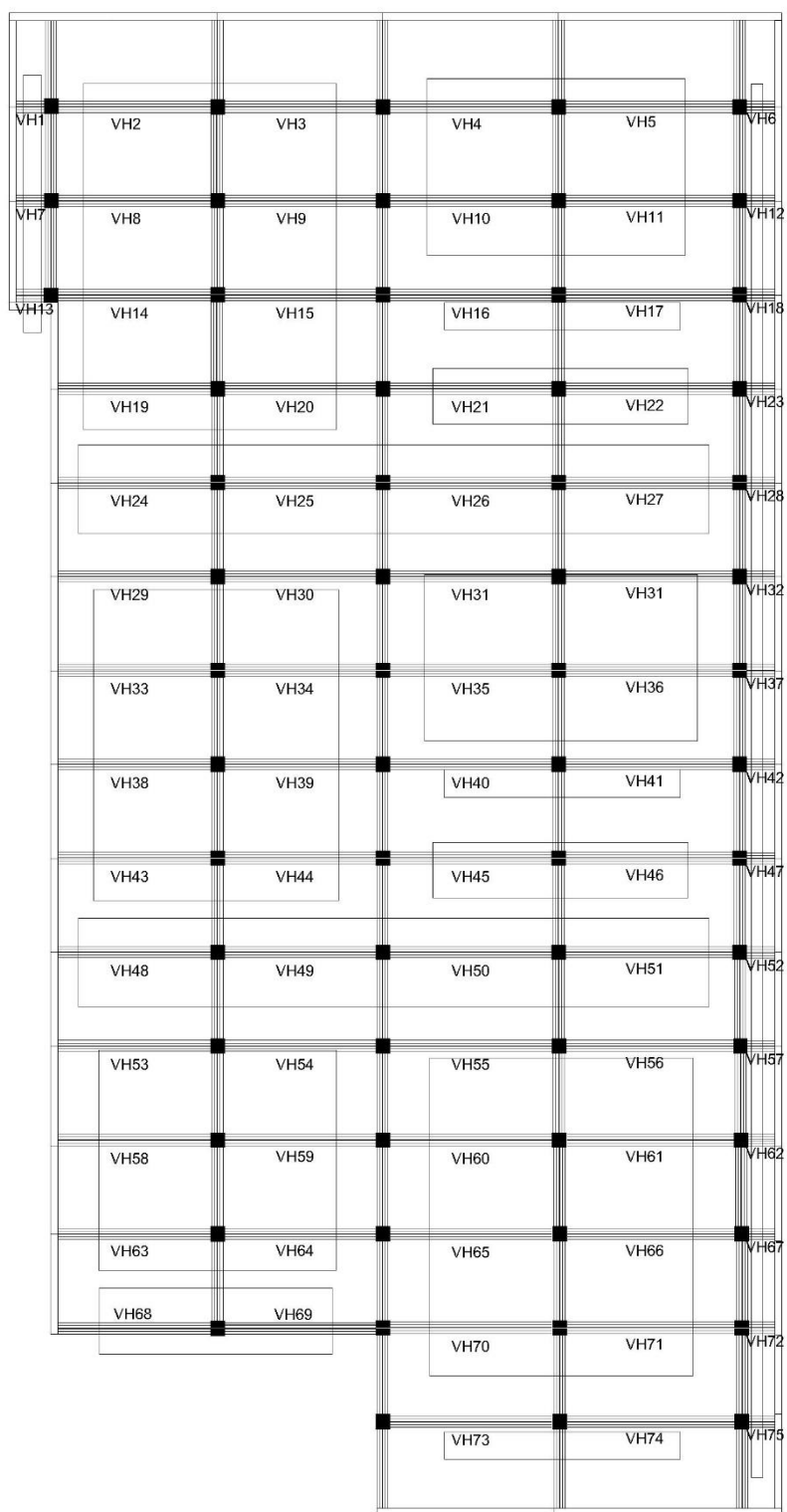


Figura 60 Identificação das Primeiras Famílias de Vigas

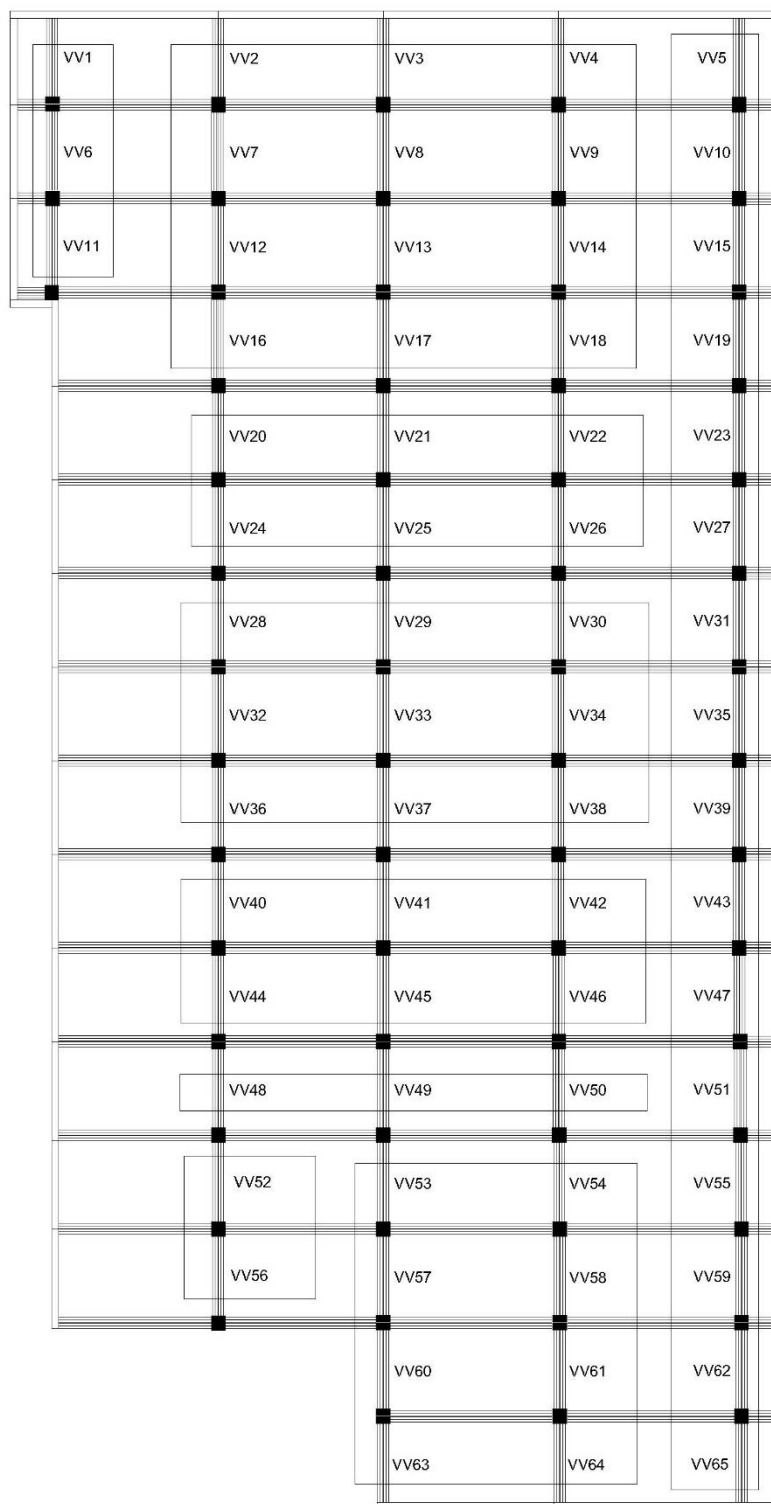


Figura 61 Identificação das Segundas Famílias de Vigas

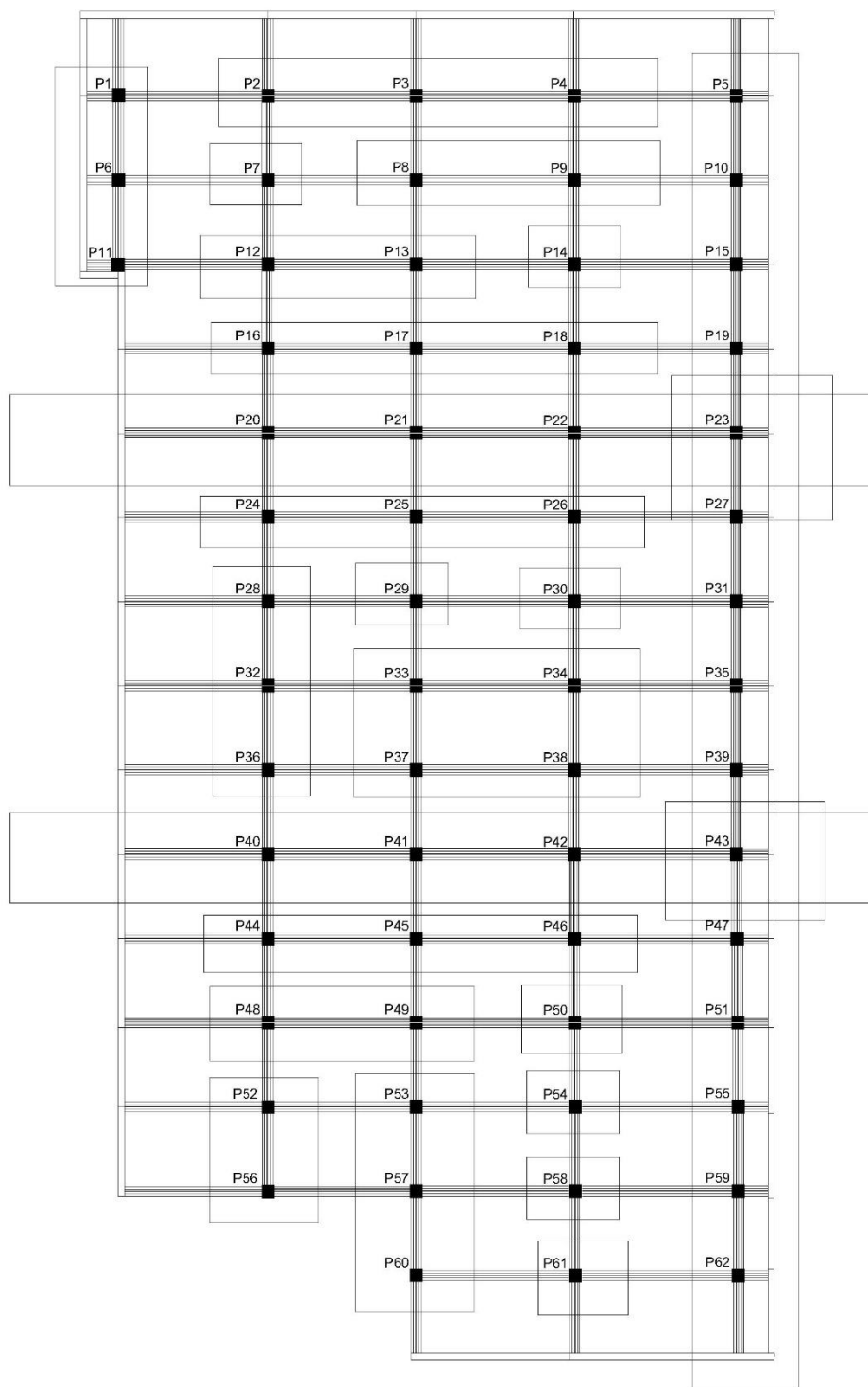


Figura 62 Identificação das Famílias de Pilares

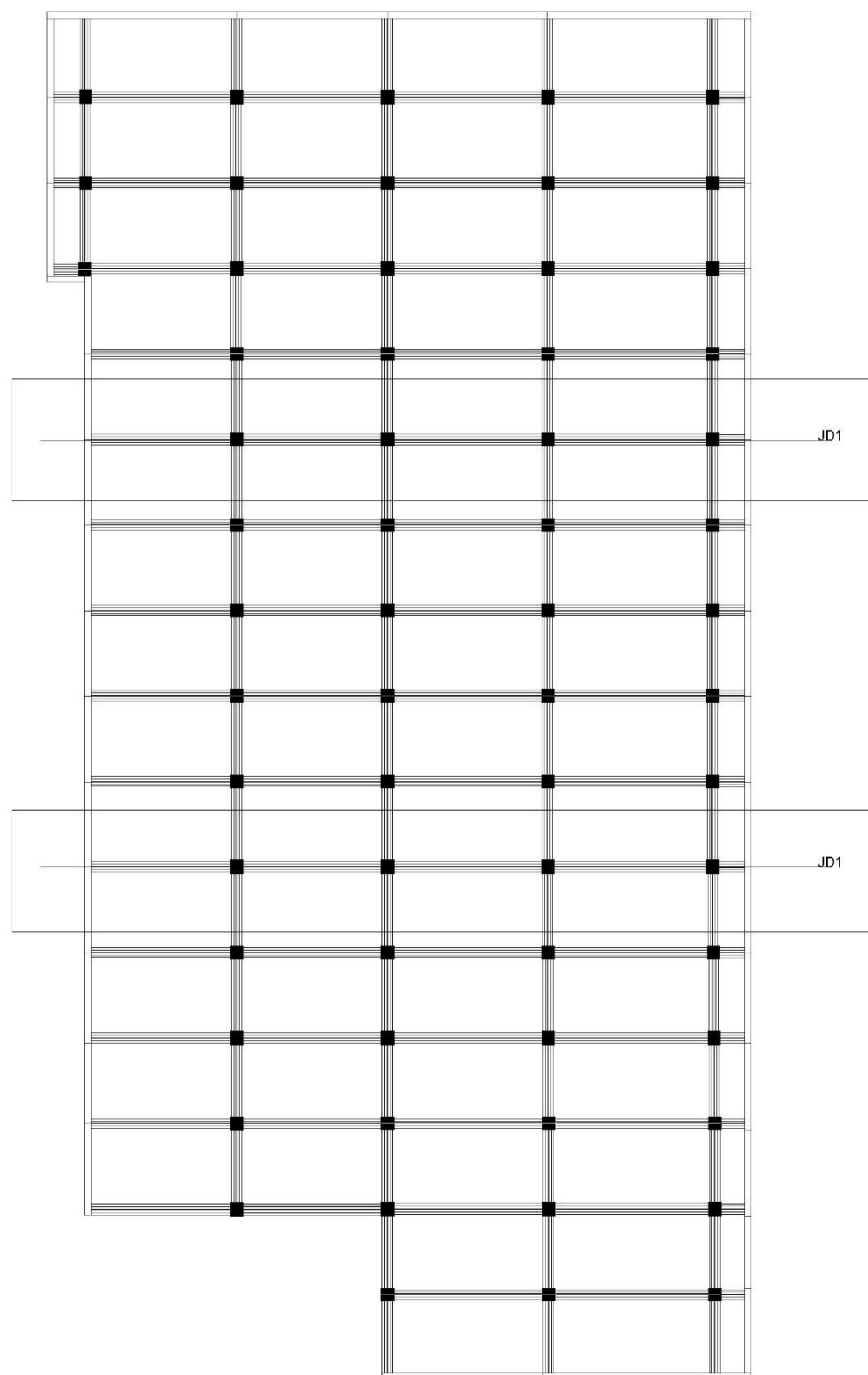


Figura 63 Identificação Família de Juntas de Dilatação

O Grau de dano foi calculado com disponibilizado no Apêndice II e grau de deterioração da família de elementos (Gdf) foi correspondente ao risco classificado normativamente, o resultado encontrado para a deterioração da estrutura (Gd) foi 101,7 o que corresponde ao nível de deterioração CRÍTICO, necessitando de uma inspeção especial emergencial, com planejamento de intervenção IMEDIATA.

#### IV.5.6 Risco

De acordo com os critérios propostos pelas normas de inspeção brasileiras para classificação das anomalias e falhas quanto ao grau de risco e conforme as observações efetuadas durante as vistorias, determinou-se que o grau de risco das vigas da garagem coberta e dos pilares do pilotis é CRÍTICO e apresenta risco iminente à estrutura visto que essas peças estruturais estão em estado GRAVÍSSIMO de perda de desempenho. Com relação às juntas de dilatação da garagem descoberta, adotou-se grau de risco REGULAR PARA CRÍTICO. Para a laje da Garagem nível -1 e garagem descoberta classificou-se com risco REGULAR.

### **IV.6 Tratamentos Especificados No Brasil**

Através das atividades de inspeção desenvolvidas e dos resultados obtidos nos ensaios realizados, verifica-se a necessidade de execução de serviços de manutenções corretivas de imediato nas estruturas de concreto armado do pilotis e dos subsolos.

A seguir são apresentadas sugestões para a execução das manutenções corretivas das anomalias detectadas.

#### IV.6.1 Juntas de dilatação superior nível -1

Os sistemas de impermeabilização das juntas de dilatação estrutural das garagens coberta e descoberta estão deteriorados, causando assim infiltrações nos subsolos. Portanto, as infiltrações das garagens descobertas serão, em sua maioria, sanadas ao se executar os

procedimentos de reparo nos sistemas de impermeabilização das juntas estruturais, como apresentado a seguir:

- A. Limpar as frestas das juntas de dilatação, retirando o tarucel e o material elástico que estão danificados;
- B. Instalar novo tarucel;
- C. Aplicar material NP1 sobre o tarucel instalado.

No caso, em específico, das juntas estruturais da garagem descoberta, recomenda-se a aplicação de uma manta impermeabilizante sobre o material NP1, conforme apresentado abaixo (Figura 64), com o intuito de estabelecer uma proteção dupla para prevenir infiltrações.

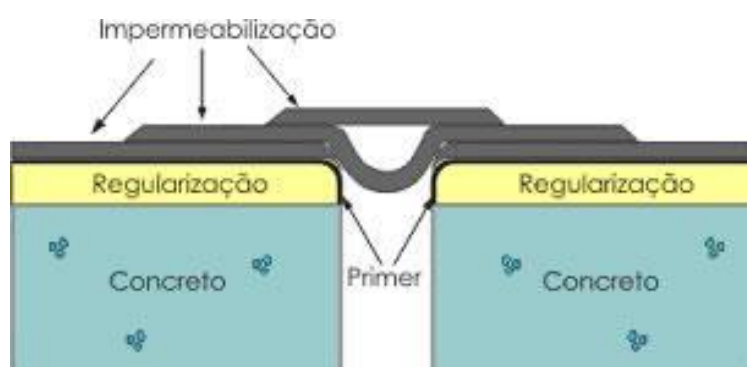


Figura 64 Aplicação da manta impermeabilizante nas juntas de dilatação

É importante destacar que deve ser realizado as manutenções corretivas nos sistemas de impermeabilização das juntas de dilatação da garagem descoberta antes das recuperações estruturais das vigas, lajes do subsolo (garagem coberta), pois as anomalias dos sistemas de impermeabilização das juntas em questão são as principais contribuintes para o agravamento da corrosão da armadura e da lixiviação do concreto nessas peças estruturais.

Os procedimentos empregados para reestabelecer vigas que apresentam carbonatação do concreto e corrosão/exposição da armadura, normalmente, são:

- A. Demarcação das regiões de reparo;

- B. Demolição superficial do concreto;
- C. Remoção e substituição das barras de aço corroídas;
- D. Realcalização química do concreto;
- E. Recuperação do concreto por meio da aplicação de material estrutural tipo graute.

#### IV.6.2 Laje da Garagem nível -1

Os procedimentos empregados para reestabelecer lajes que apresentam carbonatação do concreto e corrosão/exposição da armadura, normalmente, são:

- A. Demarcação das regiões de reparo;
- B. Demolição superficial do concreto;
- C. Remoção e substituição das barras de aço corroídas;
- D. Realcalização química do concreto;
- E. Recuperação do concreto por meio da aplicação de material estrutural tipo graute.

Nas regiões onde foram detectados, durante as inspeções, falhas de concretagem, que acarretam perda de desempenho do concreto e facilitam o processo de corrosão da armadura, o procedimento de recuperação das estruturas deve ser realizado da seguinte maneira:

- A. Remover o concreto que está britado e que não apresenta argamassa, deixando a armadura exposta;
- B. Realizar a limpeza superficial das barras de aço com o emprego de escova de aço e ácido;
- C. Aplicar pintura epoxídica na barra de aço, após a execução da limpeza;
- D. Executar a recuperação do concreto com a utilização de produto tipo graute.

#### IV.6.3 Pilares do Pilotis sob o bloco “C”

Durante as inspeções visuais e execução dos ensaios tecnológicos, foi observado que as seções das barras de aços não apresentam o desempenho adequado. Para a recuperação do desempenho estrutural desses elementos, deve-se antes de tudo, contratar profissional especializado para executar um projeto específico de reforço estrutural. É indicada a recuperação estrutural conforme os procedimentos:

- A. Elaboração de um projeto específico de reforço estrutural por um engenheiro calculista;
- B. Escoramento da região dos pilares deteriorados;
- C. Demolição do concreto de cobrimento nominal;
- D. Remoção das barras de aço que perderam seção;
- E. Limpeza das armaduras corroídas que não perderam seção, com o emprego de escova de aço e ácido;
- F. Aplicação de resina epoxídica sobre as armaduras limpas;
- G. Realcalização química do concreto;
- H. Inserção de novas armaduras ao redor da estrutura;
- I. Recomposição do concreto, com material de reparo estrutural tipo graute;

#### IV.6.4 Garagem Descoberta

Notou-se, ao longo das vistorias, que o sistema de impermeabilização das lajes da garagem descoberta está com desempenho inadequado e que não há caimento do piso nem drenos adequados para a captação de água pluvial na área, o que acarreta no acúmulo de água no piso da garagem descoberta e infiltrações no teto do primeiro subsolo da garagem coberta.

Portanto, para solucionar essas anomalias recomenda-se que o condomínio contrate uma empresa especializada para a elaboração de projeto de impermeabilização e adeque os sistemas de captação de água pluvial de acordo com a norma vigente. De maneira simplificada, emprega-se os passos de:

- A. Retirar a camada protetora (piso de concreto) da garagem descoberta;
- B. Remover o sistema de impermeabilização e a camada de regularização existente;
- C. Instalar quantidade de drenos adequados para a captação de água pluvial;
- D. Reexecutar a regularização da superfície das lajes com o caimento adequado para os ralos;
- E. Reexecutar o sistema de impermeabilização sobre a camada de regularização;

E.1 Verificar se a superfície da camada de regularização está limpa/seca e apresenta meia-cana nas quinas, que eliminam os cantos vivos;

E.2. Aplicar primer, material de ligação, entre a manta e a região que ela será aplicada;

E.3 Quando o primer estiver seco, desenrolar a manta do ponto mais baixo para o mais alto e com o maçarico, colar a manta na base;

E.5 Para fazer o arremate, a intensidade da chama do maçarico deve ser diminuída. Com a espátula, assentar a manta de forma que fique bem fixa, sem vãos por onde possa entrar água;

E.6. Quando um rolo de manta chegar ao fim, desenrolar outra manta e soldá-la sobre a outra. Nas emendas, é preciso sobrepor uma sobre a outra em 10 cm;

E.8. Fazer o teste da lâmina d'água durante 72 horas para verificação da estanqueidade.

- F. Executar uma camada de proteção do sistema de impermeabilização.

#### IV.6.5 Projeto Estrutural de Reforço

Foi realizado um projeto de reforço estrutural para as vigas que possuem as juntas de dilatação superior (nível -1) e para os pilares sob o Bloco C , a fim de garantir que pudessem ter seu desempenho reestabelecido.

Em relação as juntas de dilatação superior nível -1, foi decidido que as duas seriam reestabelecidas e reforçadas (Figuras 65 a 70 e Tabela 20).

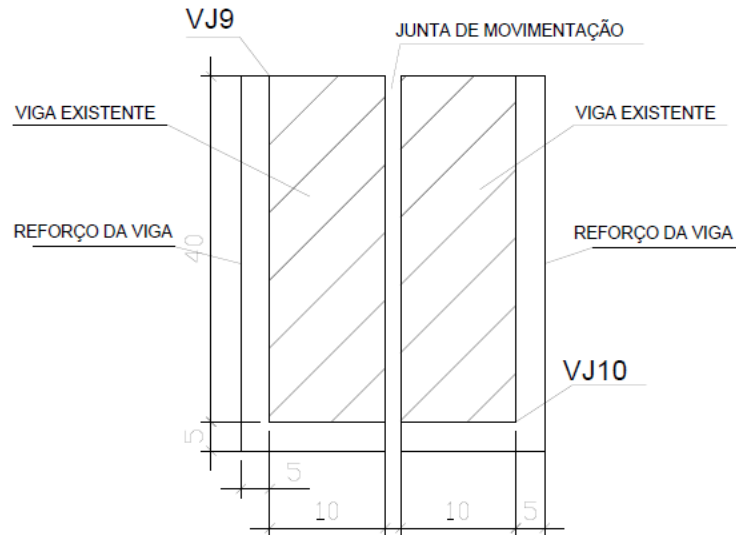


Figura 65 Seção da viga com junta de dilatação

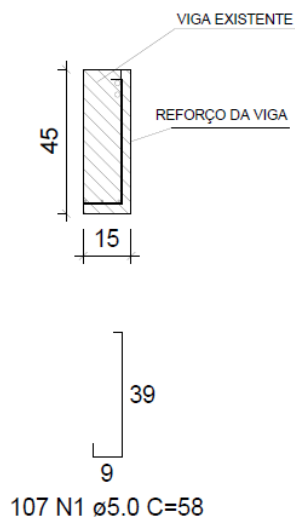


Figura 66 Detalhe da Seção da Viga

Tabela 20 Relação do Aço das Vigas

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	428	107	45796
CA50	2	8.0	12	107	1284
	3	12.5	12	1029	12348
	4	12.5	8	944	7552
	5	12.5	8	1013	8104
	6	12.5	8	1197	9576

RESUMO DO AÇO

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	PESO + 10% (kg)
CA50	8.0	12.8	5.6
	12.5	375.8	398.2
CA60	5.0	458	77.6
PESO TOTAL (kg)			
CA50		403.8	
CA60		77.6	

Volume de concreto/graute (C-50) = 2.20 m<sup>3</sup>

Área de forma = 83.16 m<sup>2</sup>

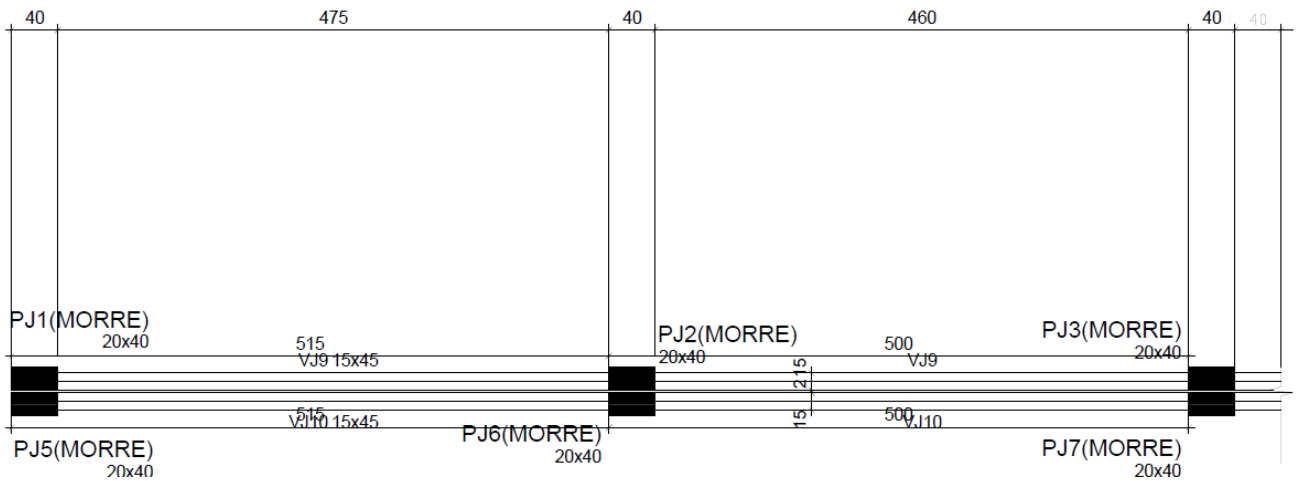


Figura 67 Vigas à serem reforçadas na junta da garagem (Seção A)

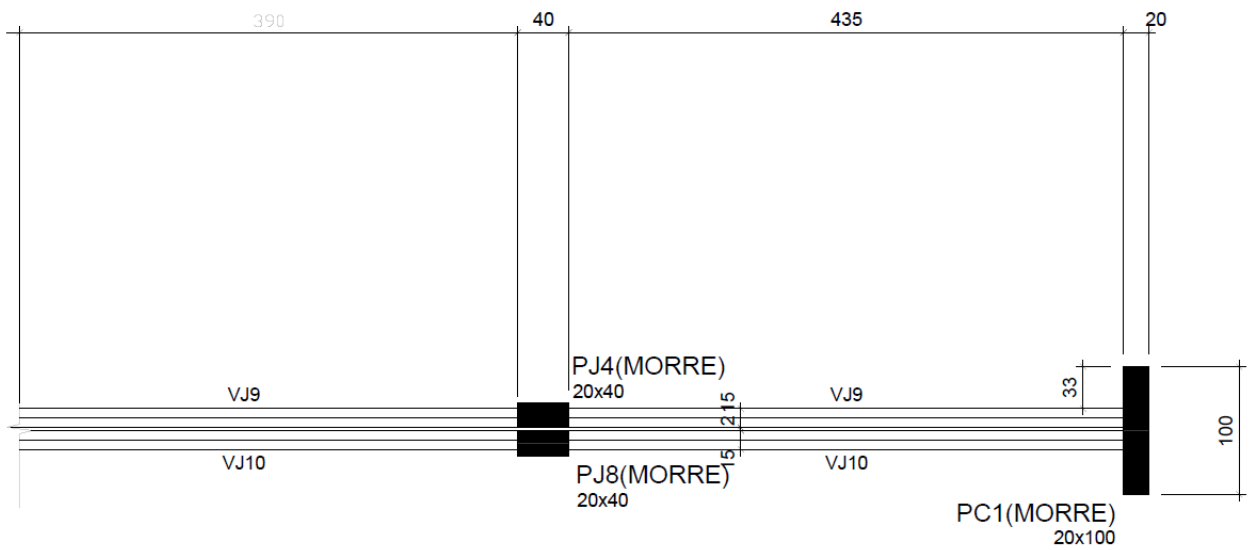


Figura 68 Vigas à serem reforçadas na junta da garagem (Seção B)

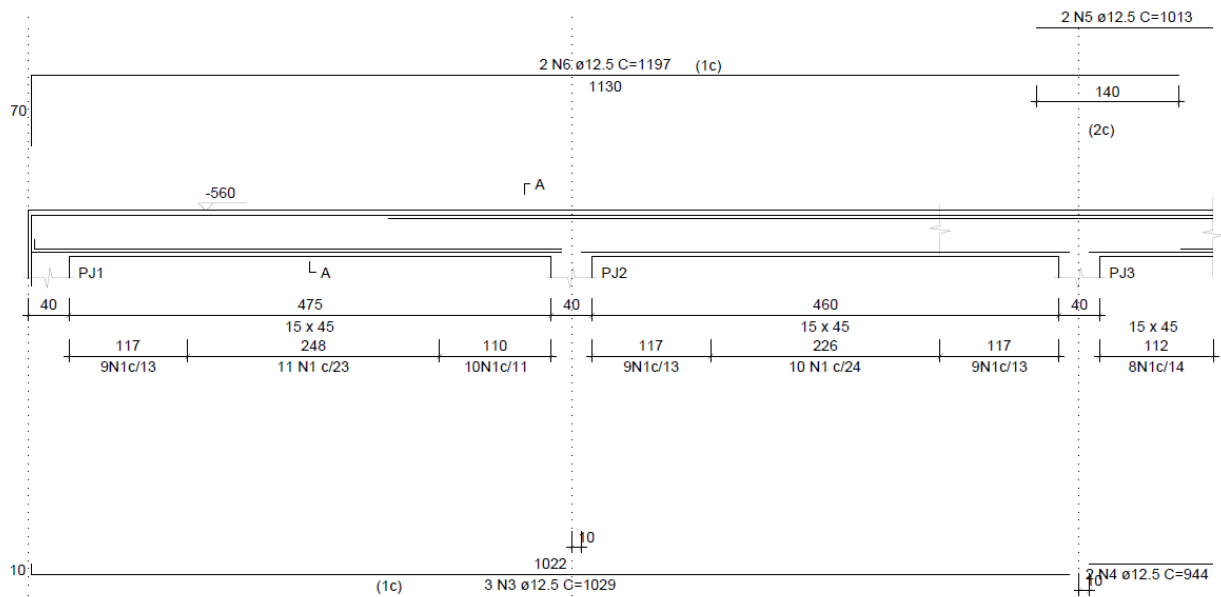


Figura 69 Detalhe de reforço das vigas da garagem (Seção A)

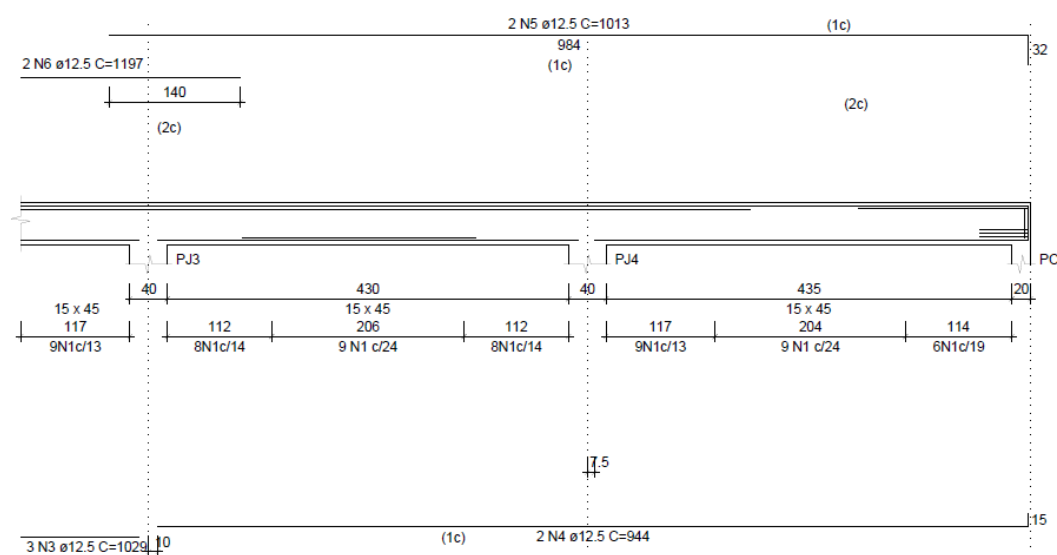


Figura 70 Detalhe de reforço das vigas da garagem (Seção B)

No Bloco C (Figura 71) foram seleccionados os pilares P5, P8 e P10, além dos pilares P3, P7 e P13 (Figuras 72 a 77 e Tabela 21) para receber reforço pois este eram os pilares que tinham avançada frente de carbonatação além de perda sensível de espessura da armadura.

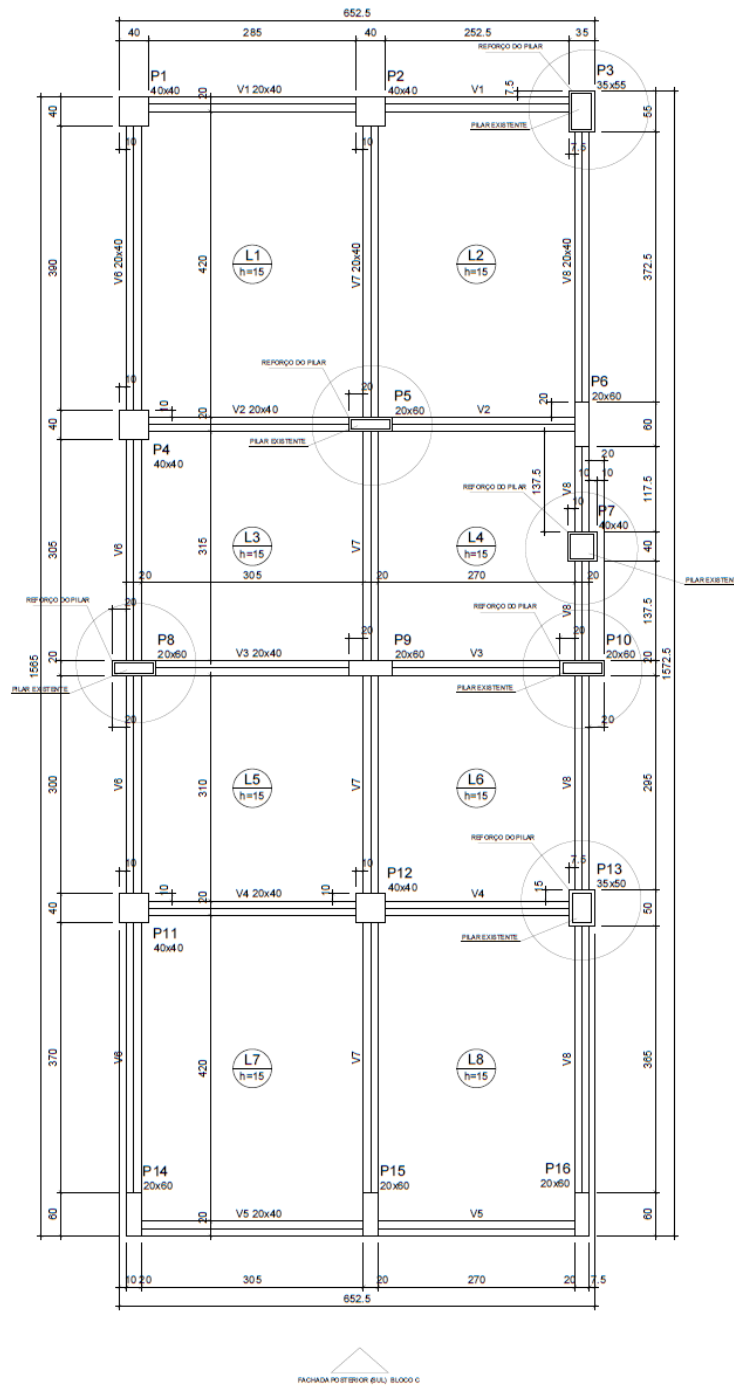


Figura 71 Disposição dos pilares reforçados sob o bloco C

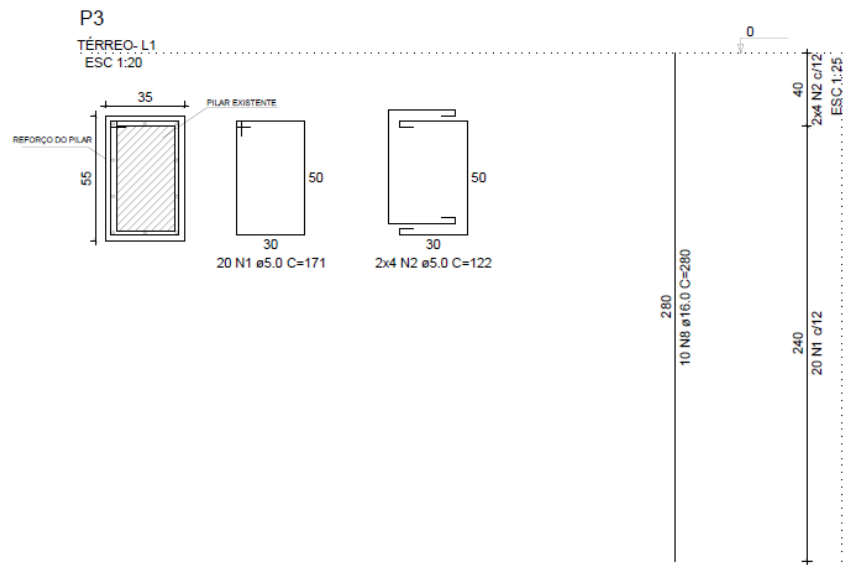


Figura 72 Reforço Pilar P3

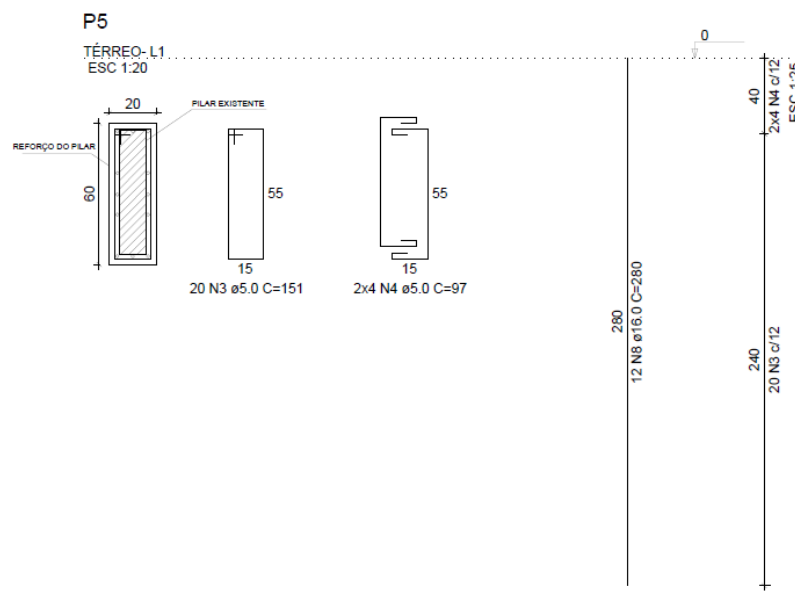


Figura 73 Reforço Pilar P5

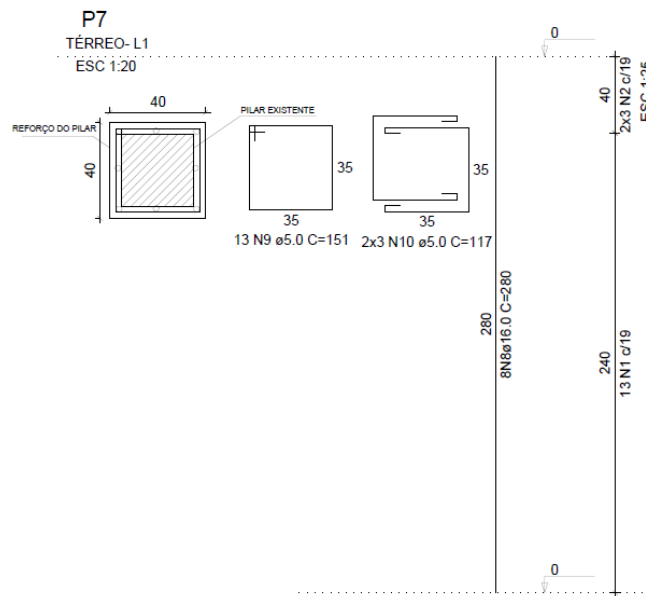


Figura 74 Reforço Pilar P7

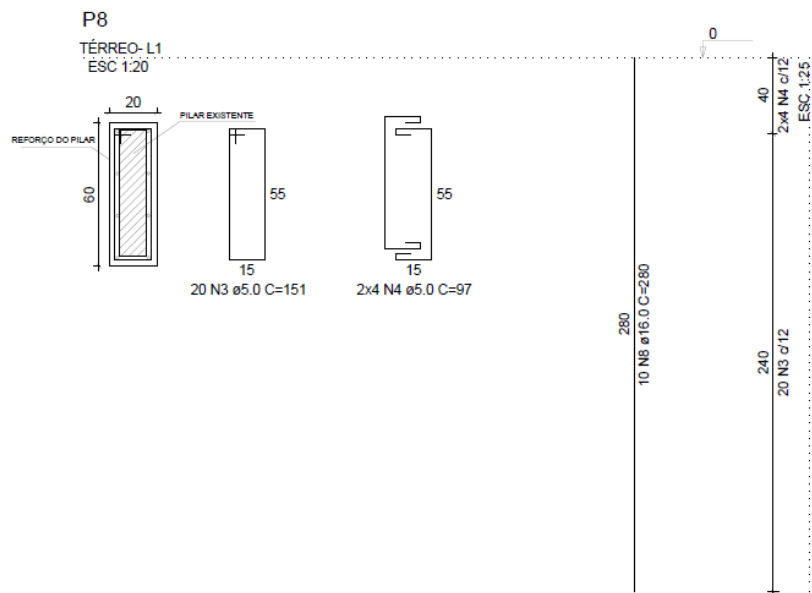


Figura 75 Reforço Pilar P8

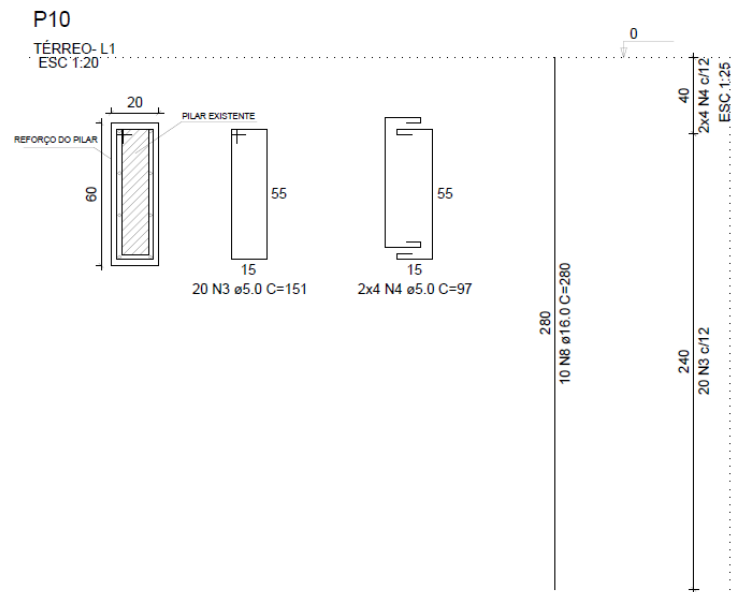


Figura 76 Reforço Pilar P10

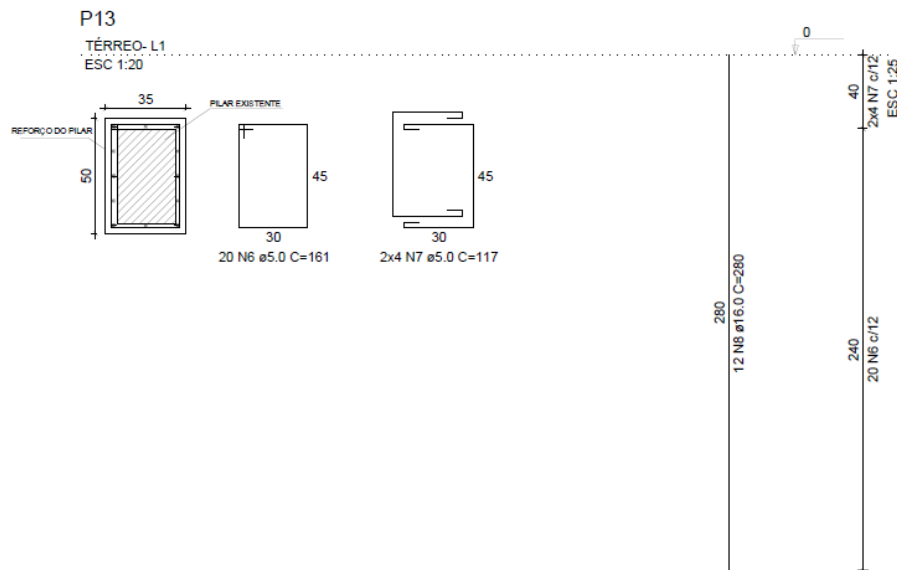


Figura 77 Reforço Pilar P13

Tabela 21 Relação do Aço Pilares

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)	
CA60	1	5.0	20	171	3420	
	2	5.0	8	122	976	
	3	5.0	60	151	9060	
	4	5.0	24	97	2328	
	6	5.0	20	161	3220	
	7	5.0	8	117	936	
	9	5.0	13	151	1963	
	10	5.0	6	117	702	
	CA50	8	16.0	74	280	20720

RESUMO DO AÇO

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	PESO + 10% (kg)
CA50	16.0	207.20	341.88
CA60	5.0	226.05	39.80
PESO TOTAL (kg)			
CA50	286.44		
CA60	2.79		

Volume de concreto - graute (C-50) = 2.00 m<sup>3</sup>

Área de forma = 37.52 m<sup>2</sup>

#### IV.7 Tratamentos Especificados na EN 1504-9:2008

Observando os dados neste estudo de caso, a partir dos conceitos de princípios e métodos encontrados na EN 1504:2008, é possível observar um grupo de atividades específicas a serem desenvolvidas no reparo da estrutura. A combinação dos sintomas descritos no capítulo 3 aponta os princípios a serem utilizados na resolução das patologias encontradas.

##### V.7.1 Juntas de dilatação superior nível -1

Para a junta de dilatação superior no nível -1 (garagem), com base nos sintomas seriam adotados os princípios 1, 4 e 7. No princípio 1 (protegendo a superfície do concreto contra o

ingresso de líquidos e gases) poderia ser utilizado o método 1.4 que consiste na aplicação de faixas superficiais sobre fissuras e juntas de concretagem. No princípio 4 (Incremento ou restauração da capacidade de suportar cargas estruturais), poderia ser utilizado o método 4.1 que adiciona ou substitui as barras de aço. Para o princípio 7 (Regularização e restauração da superfície do concreto) poderia ser utilizado o método 7.2 que substitui o concreto carbonatado ou contaminado.

#### IV.7.2 Laje da Garagem nível -1

Para a laje da garagem nível -1 seria utilizado uma combinação dos princípios 1 e 4. No princípio 4 (incremento ou restauração da capacidade de suportar cargas estruturais) seriam utilizados dois métodos, 4.6 que é o preenchimento de fissuras ou vazios no concreto e o 4.3 que se utiliza da lâminas e placas aderidas. O princípio 1 (Protegendo a superfície do concreto contra o ingresso de líquidos e gases) se valeria a partir do método 1.3 que consiste na aplicação de novo revestimento.

#### IV.7.3 Pilares do Pilotis sob o bloco “C”

Para os pilares do pilotis sob o bloco “C” seria utilizados os princípios 4 e 7. No princípio 4 (incremento ou restauração da capacidade de suportar cargas estruturais) seria utilizado o método 4.1 que consiste na adição ou substituição de barras de aço. Também seria utilizado princípio 7 (Regularização e restauração da superfície do concreto) poderia ser utilizado o método 7.2 que substitui o concreto carbonatado ou contaminado.

#### IV.7.4 Garagem Descoberta

A garagem descoberta também usará a combinação dos princípios 3 e 1. No princípio 1 (protegendo a superfície do concreto contra o ingresso de líquidos e gases) poderia ser utilizado o método 1.4 que consiste na aplicação de faixas superficiais sobre fissuras e juntas de

concretagem. No princípio 3 (substituir e recompor o concreto danificado) seria utilizado o método 3.2 que consiste no lançamento de concreto ou argamassa fluida.

## **CONCLUSÃO**

Atualmente uma quantidade significativa de edifícios brasileiros apresentam problemas relacionados com desempenho insatisfatório, seja em termos globais, seja em termos de seus subsistemas. Grande parte destes problemas poderia ser resolvido com métodos simples, desde que corretamente caracterizados e que se procurem os mecanismos compatíveis de reparo.

A forma de atuar e resolver estas questões por parte dos técnicos envolvido neste processo tem sido, muitas vezes, caracterizada pela ausência de uma metodologia universalmente aceita. A prática profissional da análise desses problemas, no entanto, tem sido muitas vezes caracterizada pela falta de uma metodologia universalmente aceita. Verifica-se que muitas vezes, são intuições pessoais fundamentadas na experiência a prevalecer sobre os métodos científicos.

O sucesso do campo de diagnóstico de patologias na construção civil depende, não só da capacidade do engenheiro de perceber os sintomas da patologia e descrever o modo de atuar, mas também de identificação e caracterização de todo o mecanismo que resultou na patologia a partir dos dados obtidos em campo, e compatibilização com a literatura e normas vigentes. Somente com a integração de metodologias universais, parâmetros científicos estabelecidos e a característica investigativa intrínseca da área, poderá ser dito que existe normatização efetiva para habilitar e subsidiar o profissional no exercício de suas funções de patologista.

A norma EN 1504 procura estabelecer parâmetros gerais de avaliação das patologias e relacionar os princípios científicos estabelecidos a métodos e produtos a serem utilizados. No contexto brasileiro, essa normatização já seria de grande avanço, conectando assim o princípio do reparo a métodos específicos, mesmo que ainda se apoie na obtenção do diagnóstico a partir da coleta subjetiva dos dados por parte do profissional patologista.

Na possibilidade de haver um método de coleta de informação compatibilizada com testes normatizados e os princípios supracitados, haveria pouco espaço para erros de diagnóstico ou ainda para erros na concepção e execução do próprio reparo. Mesmo que no contexto brasileiro, engenheiros civis patologistas estejam realizando reparos de maneira similar aos métodos

encontrados na EN 1504, não há subsídios de normatização que minimize erros relacionados a diagnóstico ou concepção e execução do reparo por parte de profissionais com menos experiência.

Especificamente no caso de Brasília, cidade com apenas 57 anos, o campo de trabalho da patologia de construção civil é majoritariamente ocupado por profissionais de outros estados da federação e apenas recentemente a cidade está começando a formar sua 1ª geração de engenheiros patologistas. A demanda iniciada pelo envelhecimento precoce de suas regiões administrativas, fez com que engenheiros não especializados fossem requisitados para a função de engenheiro patologista e a ausência de normas e métodos têm prejudicado a função intrínseca de mantenedor da integridade das edificações.

O edifício João Aguiar Madeira possui a maioria das patologias encontradas com frequência no Centro Oeste Brasileiro, sendo por isso escolhido para ser objeto de avaliação deste trabalho. Foi realizada uma análise baseada na metodologia GDE/UNB, que começa a ser utilizada como ferramenta por patologias na região e foi possível perceber que o resultado final é muito similar as diretrizes apontadas pelo IBAPE, o que vem ao encontro de sua verificação como metodologia eficaz de avaliação. A planilha de cálculo da metodologia GDE está integralmente apresentada no APÊNDICE II.

No que se refere as similaridades entre a prática brasileira de reabilitação e os métodos encontrados na EN 1504, pode-se dizer que apesar de muito similares, a grande diferença reside na própria normatização. O fato de não haver manuais ou normas associadas a métodos de reabilitação, diminui significativamente a chance de a execução da reabilitação ser efetiva e disseminada. O reconhecimento dos princípios e métodos encontrados na norma citada já daria grande subsídio aos profissionais da área para desenvolver reabilitações eficazes. Nesse intuito, é proposto no APÊNDICE I um modelo de caderno de Inspeção baseado nas informações presentes na EN 1504, seus princípios e métodos.

No entanto, ainda existe necessidade de normas técnicas brasileiras de reabilitação de edifícios que possam acompanhar as novas normas de desempenho, de maneira a uniformizar e garantir não só a entrega de uma edificação segura e de boa qualidade para o consumidor final, mas também que proporcione o engenheiro responsável pela edificação a manutenção do desempenho.

A partir das análises feitas neste trabalho e também das realizadas em muitos outros trabalhos brasileiros nas áreas de reabilitação e deterioração, é possível perceber que a norma EN 1504 pode ser usada como base para se iniciar a discussão em nível nacional de uma norma técnica brasileira de reabilitação de edifícios.

## **BIBLIOGRAFIA**

- ABNT, Associação Brasileira de Normas e Técnicas. “Manual.” *Requisitos para o sistema de gestão de manutenção*. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
- . “Norma Técnica.” *NBR 5674 – Manutenção de edificações*. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.
- . “Norma Técnica.” *NBR 5462 – Confiabilidade e manutenibilidade*. Rio Janeiro: ABNT, 1994.
- . “Norma Técnica.” *NBR 14037 - Diretrizes para elaboração de uso, operação e manutenção das edificações*. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- . “Norma Técnica.” *Norma 15575 - Edificações Habitacionais — Desempenho*. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- . “Norma Técnica.” *NBR 13752 - Perícias de engenharia na construção civil*. Rio de Janeiro: ABNT, 1996.
- . “Norma Técnica.” *NBR 7584: Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - Método de ensaio*. Rio de Janeiro, 2013.
- . “Norma Técnica.” *NBR 13528: Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração*. Rio de Janeiro, 2010.
- . “Norma Técnica.” *ABNT NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento*. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
- . “Norma Técnica.” *NBR 15421 – Projeto de estruturas resistentes a sismos - Procedimentos*. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.
- ALONSO, C. et al. “Relation between Resistivity and Corrosion Rate of Reinforcements in Carbonated Mortar Made with Several Cement Types.” *Cement and Concrete Research*. 8 (1988).

- BAUER, L. A. F. *Materiais de construção: Volume 1, 5ª Edição*. LTC, 2000.
- . *Materiais de construção: Volume 2, 5ª Edição*. LTC, 2000.
- CAMPOS, Rodrigo Miguel e Alexandre. VARGAS. “Proposta de um Plano de Manutenção Predial Preventiva para um Edifício Residencial.” IFRN, 2014.
- CASTRO, E. K. “Tese de Mestrado.” *Desenvolvimento de Metodologia para Manutenção de Estruturas de Concreto Armado*. Brasília: Universidade de Brasília, 1994.
- CAVALCANTI FILHO, A. N. “Tese de Mestrado.” *Contribuição ao controle tecnológico de concretos estruturais de cimento Portland em ambientes marítimos*. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2010.
- CEB, COMITE EURO-INTERNATIONAL DU BETON. “Design Code. .” *Bulletin D’Information n° 203* . 1990.
- . “Durable Concrete Structures.” *Bulletin D’Information n° 183*. Suíça, 1992.
- CODEPLAN. “PDAD 2013/2014.” 27 de 07 de 2017. *Governo do Distrito Federal*. Codeplan. 27 de 07 de 2017. <<http://www.codeplan.df.gov.br/portal-da-codeplan/261-pesquisas-socioeconomicas/294-pdad-2013.html>>.
- CORSINI, R.. “Trinca ou fissura?: Como se originam, quais os tipos, as causas e as técnicas mais recomendadas de recuperação de fissuras.” 2010. *Tecnhe*. 15 de 2017 de dezembro.
- FAGUNDES, Jerônimo, Marcos GULLO e Tito GOMIDE. *Inspeção Predial Total - 2ª edição*. São Paulo: Pini, 2013.
- FONSECA, R.P. da. “Tese de Mestrado.” *A estrutura do instituto central de ciências: aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução e intervenções e proposta de manutenção*. . Brasília: Universidade de Brasília, 2007.
- GARCÍA-ALONSO, M. C., et al. “Corrosion behaviour of new stainless steels reinforcing bars embedded in concrete.” *Cement and Concrete Research* s.d.: 37. Journal.

- HADDAD, M. “Curso de Especialização.” *Recuperação, reforço e proteção de estruturas de concreto armado e protendido*. Brasília, 2015.
- HAMMARLUND, Y e P.E JOSEPHSON. “Cada erro tem seu preço. Traduzido de: Sources of quality failures in Building published by Management Quality na Economics in Buildings.” *Técne* 32 (1): pp. 671-680.
- HELENE, P. e E. P. FIGUEIREDO. “Manual de reabilitação de estruturas de concreto: reparação, reforço e proteção.” *CYTED – XV-F* (2003): 21-36.
- HELENE, P. R. *Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto*. São Paulo, 1997.
- IBAPE, Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia. *Inspecção Predial – Check-up predial: Guia da boa manutenção*. São Paulo: IBAPE, 2012.
- . *Norma de Inspecção Predial*. São Paulo, 2011.
- . *Norma Básica para Perícias de Engenharia*. São Paulo, 2015.
- ISO, INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDZATION. “General principles on reliability for structures.” *ISO 2394*. Geneva, 1986.
- . “General Principles on the Design of Structures for Durability.” *ISO 13823*. Geneva, 2008.
- LIMA, J. M. & PACHA, J. R. S. “Patologias das estruturas de concreto armado com ênfase a execução. Patologia Estrutura.” Belém, 2000.
- LIMA, M. G. de. “Ação do Meio Ambiente sobre as Estruturas de Concreto.” ISAIA, G. C. *Concreto: ensino, pesquisa e realizações*. São Paulo: IBRACON, 2005. p.713-751.
- LIMA, N. Araújo, et al. “Pequenos Incidentes, grandes prejuízos - graves anomalias de funcionamento.” *Acidentes estruturais na construção civil – Vol I*. São Paulo: Pini, 1996. 13-19.
- MARCELLI, Maurício. “Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras.” São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007. 259.

- MEHTA, P. K. e P.J.M. MONTEIRO. *Concreto: microestrutura, propriedades e materiais*. São Paulo: IBRACON, 2008.
- MEIRA, G. R. e Ivo J. PADARATZ. “ Custos de recuperação e prevenção em estruturas de concreto armado: uma análise comparativa.” Foz do Iguaçu: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, IX, 2002. p. 1425-1432.
- MONTEIRO, C. A. C. “Tese de Mestrado.” *Estudo de viabilidade técnica e económica do reforço de elementos estruturais*. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2017.
- NEPOMUCENO, A. A. “Mecanismo de Transporte de Fluidos no Concreto.” Isaia, G.C. *Concreto: ensino, pesquisa e realizações*. São Paulo: IBRACON, 2005. Cap.26, p.793-827.
- NEVILLE, A. M. *Propriedades do concreto 2ª ed*. São Paulo: PINI, 1997.
- NINCE, A. Andréia. “Tese de Mestrado.” *Levantamento de dados sobre a deterioração de estruturas na região Centro-Oeste*. Brasília: Universidade de Brasília, 1996.
- PIANCASTELLI, Elvio Mosci. *Patologia e Terapia das Estruturas Uma Visão Global*. Universidade Federal de Minas Gerais, 1997.
- PINI, S. Mário. *Manutenção Predial - 1ª Edição*. São Paulo: Pini, 2011.
- POSSAN, E. DEMOLINER, C. A. “Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral.” *Revista Científica CREA-PR* (2013). 30 de Julho de 2017.
- POSSAN, E. “Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano.” *Tese de Doutorado em Engenharia Civil*. Porto Alegre: UFRGS, 2010.
- RIBEIRO, C. C., J. D. S. PINTO e T. STARLING. *Materiais de construção civil 2ªed*. Belo Horizonte: UFMG, 2002.

- SADOWSHI, L. “New non-Destructive Method for Linear Polarization Resistance Corrosion Rate Measurement.” *Archives of Civil & Mechanical Engineering, Vol. 10 Issue 2* (2010): p109-116.
- SOUZA, C.M. Vicente e RIPPER Thomaz. *Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto -1ª edição, 3ª tiragem*. São Paulo: Pini, 1998.
- SOUZA, V. C.M. de e T. RIPPER. *Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto*. . São Paulo: Pini, 1998.
- SOUZA, Vicente e Tomaz. RIPPER. “Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.” São Paulo: Pini, 2009. 257.
- THOMAZ, E. *Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação*. São Paulo: Pini, 2003.
- THOMAZ, Ercio. *Trincas em Edifícios - Causas, Prevenção e Recuperação - 1ª Edição*. São Paulo: IPT/Epusp/Pini, 2002.
- UFC, Unified Facilities Criteria. *Structures to Resist the Effects of Accidental Explosions*. UFC, December de 2008.
- V., ZACCARDI Y. A. e J. F. HUELAMO P. e DI MAIO, A. GARCIA. “Influence of Temperature and Humidity on Portland Cement Mortar Resistivity Monitored with Inner Sensors. Influence of Temperature and Humidity on Portland Cement Mortar Resistivity Monitored with Inner Sensors.” *Materials and Corrosion, 60* (2009).
- VITÓRIO, A. “Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia.” Recife: Instituto Pernambucano de Avaliação e Perícias de Engenharia, 2003.

## APÊNDICE I

### Proposta de Caderno de Inspeção

1º NÍVEL - SINTOMAS	2º NÍVEL - CARACTERIZAÇÃO	3º NÍVEL - INVESTIGAÇÃO	4º NÍVEL - ESTUDOS	5º NÍVEL - ENSAIOS PRELIMINARES	6º NÍVEL - PRINCÍPIOS A SEREM OBSERVADOS
<b>PRESENÇA DE FISSURAÇÃO EM APENAS UM LADO DO ELEMENTO</b>	Presença de Fissura Longitudinal?	Estrutura recebeu carregamentos atípicos recentes? A estrutura sofreu mudança de utilização? Ocorreram obras na Vizinhança ou na própria edificação?	Observar projetos de Estrutura, Fundações e Arquitetura. Estudar possibilidade de reforço estrutural e necessidade imediata de escoramento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação de Penetração de Carbonatação com aplicação de fenolftaleína no concreto (RILEM CPC180);</li> <li>• Ensaios de Esclerometria (NBR7584);</li> <li>• Ensaios de Arrancamento ( NBR 13528 e NBR 13749);</li> <li>• Medições do cobrimento das barras de Aço com a utilização da pacometria;</li> <li>• Ensaio de Ultrassonografia (NBR 8802);</li> <li>• Extração de corpos de prova para teste de resistência (NBR 7680).</li> </ul>	Princípio 3 [RC], Princípio 4 [RE] e Princípio 5 [RF]
	Presença de Fissura Transversal?				
	Presença de Fissura 45°?				
<b>PRESENÇA DE FISSURAÇÃO EM LADOS OPOSTOS DO ELEMENTO</b>	Presença de Fissura Longitudinal?	Estrutura recebeu carregamentos atípicos recentes? A estrutura sofreu mudança de utilização? Ocorreram obras na Vizinhança ou na própria edificação?	Estudar projetos de impermeabilização, esgoto, hidráulica e de movimentação de terra (se aplicável). Estudar efeitos no Aço e Concreto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação de Penetração de Carbonatação com aplicação de fenolftaleína no concreto (RILEM CPC180);</li> <li>• Ensaios de Esclerometria (NBR7584);</li> <li>• Medições do cobrimento das barras de Aço com a utilização da pacometria;</li> </ul>	Princípio 1 [PI] , Princípio 2 [CH], Princípio 6 [RQ],
	Presença de Fissura Transversal?				
	Presença de Fissura 45°?				
<b>PRESENÇA DE ÁGUA</b>	Mancha? (Distribuída)	A presença de água é recente ou antiga?	Estudar possibilidade de efeitos relacionados a reação alcali-agregado ou carbonatação. Estudar efeitos no Aço.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação de Penetração de Carbonatação com aplicação de fenolftaleína no concreto (RILEM CPC180);</li> <li>• Ensaios de Esclerometria (NBR7584);</li> <li>• Medições do cobrimento das barras de Aço com a utilização da pacometria;</li> </ul>	Princípio 1 [PI] , Princípio 2 [CH], Princípio 6 [RQ],
	Goteira? (Localizada)	A presença é constante ou aparece em períodos característicos?			
	Fluxo constante? (Localizada)	A presença de água é relacionada ao ambiente externo ou a própria edificação?			
<b>PRESENÇA DE MICROORGANISMOS OU OUTRAS MANIFESTAÇÕES BIOLÓGICAS</b>	Está seca ou úmida?	A presença é recente ou antiga?	Estudar possibilidade de efeitos relacionados a reação alcali-agregado ou carbonatação. Estudar efeitos no Aço.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação de Penetração de Carbonatação com aplicação de fenolftaleína no concreto (RILEM CPC180);</li> <li>• Ensaios de Esclerometria (NBR7584);</li> <li>• Medições do cobrimento das barras de Aço com a utilização da pacometria;</li> </ul>	Princípio 1 [PI] , Princípio 2 [CH], Princípio 6 [RQ]
<b>PRESENÇA DE MANCHAS BRANCAS</b>	Está seca ou úmida?	A presença é recente ou antiga?			
<b>PRESENÇA DE ESTALACTITE</b>	Qual o tamanho da estalactite?	Vem se desprendo? Com que frequência?			

*Inspecção e Reabilitação de Estruturas em concreto armado sob a ótica da norma EN 1504-9*

1º NÍVEL - SINTOMAS	2º NÍVEL - CARACTERIZAÇÃO	3º NÍVEL - INVESTIGAÇÃO	4º NÍVEL - ESTUDOS	5º NÍVEL - ENSAIOS PRELIMINARES	6º NÍVEL - PRINCÍPIOS A SEREM OBSERVADOS
<b>AUSÊNCIA PARCIAL DE CONCRETO</b>	A desagregação é de partes uniformes?	Estrutura recebeu carregamentos atípicos recentes? A estrutura sofreu mudança de utilização? Ocorreram obras na Vizinhança ou na própria edificação?	Estudar possibilidade de efeitos relacionados a reação alcali-agradado ou carbonatação. Estudar efeitos no Aço e observar a necessidade imediata de escoramento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação de Penetração de Carbonatação com aplicação de fenolftaleína no concreto (RILEM CPC180); <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaios de Esclerometria;</li> </ul> </li> <li>• Medições do cobrimento das barras de Aço com a utilização da pacometria; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaio de Ultrassonografia(NBR 8802);</li> </ul> </li> <li>• Extração de corpos de prova para teste de resistência (NBR 7680).</li> </ul>	Princípio 1 [PI] , Princípio 2 [CH], Princípio 3 [RC], Princípio 4 [RE], Princípio 5 [RF], Princípio 6 [RQ]
	A desagregação é de partes não uniformes? (Ninhos, Brocas)				
<b>AUSÊNCIA PARCIAL DE AÇO</b>	A ausência é de partes uniformes?	Estrutura recebeu carregamentos atípicos recentes? A estrutura sofreu mudança de utilização? Ocorreram obras na Vizinhança ou na própria edificação?	Estudar possibilidade de efeitos relacionados a reação alcali-agradado ou carbonatação. Estudar efeitos no Concreto e observar a necessidade imediata de escoramento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação de Penetração de Carbonatação com aplicação de fenolftaleína no concreto (RILEM CPC180); <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaios de Esclerometria (NBR7584);</li> </ul> </li> <li>• Medições do cobrimento das barras de Aço com a utilização da pacometria; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaio de Ultrassonografia (NBR 8802);</li> </ul> </li> <li>• Extração de corpos de prova para teste de resistência (NBR 7680).</li> </ul>	Princípio 1 [PI] , Princípio 2 [CH], Princípio 7 [RP], Princípio 8 [AR], Princípio 9 [CC], Princípio 10 [PC], Princípio 11 [CA]
	A ausência é de partes não uniformes?				
<b>AUSÊNCIA DE COBERTURA DO AÇO</b>	Características de desagregação por impacto ou desgaste?	A cobertura está dentro das normas para a época da concepção do projeto ou não? Qual o nível de agressividade química do local?	Estudar possibilidade de efeitos relacionados a reação alcali-agradado ou carbonatação. Estudar efeitos no Concreto e observar a necessidade imediata de escoramento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação de Penetração de Carbonatação com aplicação de fenolftaleína no concreto (RILEM CPC180); <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaios de Esclerometria (NBR7584);</li> </ul> </li> <li>• Medições do cobrimento das barras de Aço com a utilização da pacometria; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensaio de Ultrassonografia (NBR 8802);</li> </ul> </li> </ul>	Princípio 1 [PI] , Princípio 2 [CH], Princípio 7 [RP], Princípio 8 [AR], Princípio 9 [CC], Princípio 10 [PC], Princípio 11 [CA]
<b>PRESENÇA DE FERRUGEM</b>	A ferrugem é uniformemente espalhada pelo elemento ou é localizada?	Qual a idade do edifício? Quanto da seção do aço já foi perdida?			

Inspeção e Reabilitação de Estruturas em concreto armado sob a ótica da norma EN 1504-9

APÊNDICE II

Calculo GDE/UNB

Familias	Locais	Danos	Fp	Fi	D	Dmax	ΣD	Gde	Gde Verificação >=15	Gdemax	ΣGde	Gdf	Fr x nº de Elementos	Fr x Gdf				
Pilar	Pilares com desvio de geometria	Desvio de geometria	4	2	6,4	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36	5	456,8				
		Recalque	5		0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36						
		Infiltração na base	3		0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36						
		Segregação	3		0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36						
		Lixiviação	2		0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36						
		Esfoliação	4		0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36						
		Desagregação	3		0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36						
		Esmagamento	5		0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36						
		Cobrimto deficiente	3	4	60	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36						
		Corrosão	4		0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36						
		Fissura	3		0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36						
		Carbonatação	4		0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36						
		Presença de Cloreto	5		0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36						
		Manchas	2		0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36						
		Pilar	Sob as juntas de dilatação	Desvio de geometria	4		0	60	108	86,67	86,67	86,67			1213,33	120,36	6	722,1
				Recalque	5		0	60	108	86,67	86,67	86,67			1213,33	120,36		
Infiltração na base	3			2	4,8	60	108	86,67	86,67	86,67	1213,33	120,36						
Segregação	3				0	60	108	86,67	86,67	86,67	1213,33	120,36						
Lixiviação	2				0	60	108	86,67	86,67	86,67	1213,33	120,36						
Esfoliação	4				0	60	108	86,67	86,67	86,67	1213,33	120,36						
Desagregação	3			2	4,8	60	108	86,67	86,67	86,67	1213,33	120,36						
Esmagamento	5				0	60	108	86,67	86,67	86,67	1213,33	120,36						
Cobrimto deficiente	3			4	60	60	108	86,67	86,67	86,67	1213,33	120,36						
Corrosão	4			3	32	60	108	86,67	86,67	86,67	1213,33	120,36						
Fissura	3			1	2,4	60	108	86,67	86,67	86,67	1213,33	120,36						
Carbonatação	4					60	108	86,67	86,67	86,67	1213,33	120,36						
Presença de Cloreto	5			1	4	60	108	86,67	86,67	86,67	1213,33	120,36						
Manchas	2				0	60	108	86,67	86,67	86,67	1213,33	120,36						
Pilar	Externos e Expostos			Desvio de geometria	4	2	6,4	60	106,4	86,17	86,17	86,17	1206,32	119,66	21	2512,9		
				Recalque	5		0	60	106,4	86,17	86,17	86,17	1206,32	119,66				
		Infiltração na base	3		0	60	106,4	86,17	86,17	86,17	1206,32	119,66						
		Segregação	3		0	60	106,4	86,17	86,17	86,17	1206,32	119,66						
		Lixiviação	2		0	60	106,4	86,17	86,17	86,17	1206,32	119,66						
		Esfoliação	4		0	60	106,4	86,17	86,17	86,17	1206,32	119,66						
		Desagregação	3		0	60	106,4	86,17	86,17	86,17	1206,32	119,66						
		Esmagamento	5		0	60	106,4	86,17	86,17	86,17	1206,32	119,66						
		Cobrimto deficiente	3	4	60	60	106,4	86,17	86,17	86,17	1206,32	119,66						
		Corrosão	4		0	60	106,4	86,17	86,17	86,17	1206,32	119,66						
		Fissura	3		0	60	106,4	86,17	86,17	86,17	1206,32	119,66						
		Carbonatação	4		0	60	106,4	86,17	86,17	86,17	1206,32	119,66						
		Presença de Cloreto	5		0	60	106,4	86,17	86,17	86,17	1206,32	119,66						
		Manchas	2	4	40	60	106,4	86,17	86,17	86,17	1206,32	119,66						
		Pilar	Externos e Expostos sob a junta de dilatação	Desvio de geometria	4		0	60	149,6	95,94	95,94	95,94	1343,10	133,23			2	266,5
				Recalque	5		0	60	149,6	95,94	95,94	95,94	1343,10	133,23				
Infiltração na base	3			2	4,8	60	149,6	95,94	95,94	95,94	1343,10	133,23						
Segregação	3				0	60	149,6	95,94	95,94	95,94	1343,10	133,23						
Lixiviação	2				0	60	149,6	95,94	95,94	95,94	1343,10	133,23						
Esfoliação	4				0	60	149,6	95,94	95,94	95,94	1343,10	133,23						
Desagregação	3			2	4,8	60	149,6	95,94	95,94	95,94	1343,10	133,23						
Esmagamento	5				0	60	149,6	95,94	95,94	95,94	1343,10	133,23						
Cobrimto deficiente	3			4	60	60	149,6	95,94	95,94	95,94	1343,10	133,23						
Corrosão	4			3	32	60	149,6	95,94	95,94	95,94	1343,10	133,23						
Fissura	5			1	4	60	149,6	95,94	95,94	95,94	1343,10	133,23						
Carbonatação	4				0	60	149,6	95,94	95,94	95,94	1343,10	133,23						
Presença de Cloreto	5			1	4	60	149,6	95,94	95,94	95,94	1343,10	133,23						
Manchas	2			4	40	60	149,6	95,94	95,94	95,94	1343,10	133,23						

Inspeção e Reabilitação de Estruturas em concreto armado sob a ótica da norma EN 1504-9

Pilar	Pilares Neutros	Desvio de geometria	4		0	60	60	60,00	60,00	60,00	840,00	83,32	28	2333,1		
		Recalque	5		0	60	60	60,00	60,00	60,00	840,00	83,32				
		Infiltração na base	3		0	60	60	60,00	60,00	60,00	840,00	83,32				
		Segregação	3		0	60	60	60,00	60,00	60,00	840,00	83,32				
		Lixiviação	2		0	60	60	60,00	60,00	60,00	840,00	83,32				
		Esfoliação	4		0	60	60	60,00	60,00	60,00	840,00	83,32				
		Desagregação	3		0	60	60	60,00	60,00	60,00	840,00	83,32				
		Esmagamento	5		0	60	60	60,00	60,00	60,00	840,00	83,32				
		Cobrimento deficiente	3	4	60	60	60	60,00	60,00	60,00	840,00	83,32				
		Corrosão	4		0	60	60	60,00	60,00	60,00	840,00	83,32				
		Fissura	3		0	60	60	60,00	60,00	60,00	840,00	83,32				
		Carbonatação	4		0	60	60	60,00	60,00	60,00	840,00	83,32				
		Presença de Cloreto	5		0	60	60	60,00	60,00	60,00	840,00	83,32				
		Manchas	2		0	60	60	60,00	60,00	60,00	840,00	83,32				
Viga V	Vigas Expostas à Esquerda e à Direita	Segregação	2	0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	949,09	109,50	19,00	2080,4		
		Lixiviação	2	2	3,2	60	88	79,09	79,09	79,09	949,09	109,50				
		Esfoliação	4	0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	949,09	109,50				
		Desagregação	3	0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	949,09	109,50				
		Cobrimento deficiente	3	4	60	60	88	79,09	79,09	79,09	949,09	109,50				
		Corrosão	3	0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	949,09	109,50				
		Flecha	5	0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	949,09	109,50				
		Fissura	4	0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	949,09	109,50				
		Carbonatação	4	0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	949,09	109,50				
		Infiltração	3	2	4,8	60	88	79,09	79,09	79,09	949,09	109,50				
		Presença de Cloreto	5	0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	949,09	109,50				
		Manchas	1	4	20	60	88	79,09	79,09	79,09	949,09	109,50				
		Viga V	Vigas Neutras	Segregação	2	0	0	60	60	60,00	60,00	60,00	720,00	83,07	34,00	2824,3
				Lixiviação	2	0	0	60	60	60,00	60,00	60,00	720,00	83,07		
Esfoliação	4			0	0	60	60	60,00	60,00	60,00	720,00	83,07				
Desagregação	3			0	0	60	60	60,00	60,00	60,00	720,00	83,07				
Cobrimento deficiente	3			4	60	60	60	60,00	60,00	60,00	720,00	83,07				
Corrosão	3			0	0	60	60	60,00	60,00	60,00	720,00	83,07				
Flecha	5			0	0	60	60	60,00	60,00	60,00	720,00	83,07				
Fissura	4			0	0	60	60	60,00	60,00	60,00	720,00	83,07				
Carbonatação	4			0	0	60	60	60,00	60,00	60,00	720,00	83,07				
Infiltração	3			0	0	60	60	60,00	60,00	60,00	720,00	83,07				
Presença de Cloreto	5			0	0	60	60	60,00	60,00	60,00	720,00	83,07				
Manchas	1			0	0	60	60	60,00	60,00	60,00	720,00	83,07				
Viga V	Vigas Na região das Juntas de Dilatação			Segregação	2	0	0	80	205,6	128,87	128,87	128,87	1256,26	177,52	12,00	2130,2
				Lixiviação	2	4	40	60	205,6	102,49	102,49	128,87	1256,26	177,52		
		Esfoliação	4	0	0	60	205,6	102,49	102,49	128,87	1256,26	177,52				
		Desagregação	3	3	24	60	205,6	102,49	102,49	128,87	1256,26	177,52				
		Cobrimento deficiente	3	4	60	60	205,6	102,49	102,49	128,87	1256,26	177,52				
		Corrosão	3	0	0	60	205,6	102,49	102,49	128,87	1256,26	177,52				
		Flecha	5	0	0	60	205,6	102,49	102,49	128,87	1256,26	177,52				
		Fissura	4	0	0	60	205,6	102,49	102,49	128,87	1256,26	177,52				
		Carbonatação	4	4	80	60	205,6	102,49	102,49	128,87	1256,26	177,52				
		Infiltração	3	0	0	60	205,6	102,49	102,49	128,87	1256,26	177,52				
		Presença de Cloreto	5	0	0	60	205,6	102,49	102,49	128,87	1256,26	177,52				
		Manchas	1	2	1,6	60	205,6	102,49	102,49	128,87	1256,26	177,52				

Inspeção e Reabilitação de Estruturas em concreto armado sob a ótica da norma EN 1504-9

Viga H	Vigas Neutras	Segregação	2	0	0	60	62,4	62,31	62,31	62,31	747,69	86,26	42,00	3623,0		
		Lixiviação	2	0	0	60	62,4	62,31	62,31	62,31	747,69	86,26				
		Esfoliação	4	0	0	60	62,4	62,31	62,31	62,31	747,69	86,26				
		Desagregação	3	0	0	60	62,4	62,31	62,31	62,31	747,69	86,26				
		Cobrimto deficiente	3	4	60	60	62,4	62,31	62,31	62,31	747,69	86,26				
		Corrosão	3	0	0	60	62,4	62,31	62,31	62,31	747,69	86,26				
		Flecha	5	0	0	60	62,4	62,31	62,31	62,31	747,69	86,26				
		Fissura	4	0	0	60	62,4	62,31	62,31	62,31	747,69	86,26				
		Carbonatação	4	0	0	60	62,4	62,31	62,31	62,31	747,69	86,26				
		Infiltração	3	1	2,4	60	62,4	62,31	62,31	62,31	747,69	86,26				
		Presença de Cloreto	5	0	0	60	62,4	62,31	62,31	62,31	747,69	86,26				
		Manchas	1	0	0	60	62,4	62,31	62,31	62,31	747,69	86,26				
		Viga H	Vigas com problemas construtivos	Segregação	2	0	0	60	60	60,00	60,00	60,00	720,00	83,07	6,00	498,4
				Lixiviação	2	0	0	60	60	60,00	60,00	60,00	720,00	83,07		
				Esfoliação	4	0	0	60	60	60,00	60,00	60,00	720,00	83,07		
				Desagregação	3	0	0	60	60	60,00	60,00	60,00	720,00	83,07		
Cobrimto deficiente	3			4	60	60	60	60,00	60,00	60,00	720,00	83,07				
Corrosão	3			0	0	60	60	60,00	60,00	60,00	720,00	83,07				
Flecha	5			0	0	60	60	60,00	60,00	60,00	720,00	83,07				
Fissura	4			0	0	60	60	60,00	60,00	60,00	720,00	83,07				
Carbonatação	4			0	0	60	60	60,00	60,00	60,00	720,00	83,07				
Infiltração	3			0	0	60	60	60,00	60,00	60,00	720,00	83,07				
Presença de Cloreto	5			0	0	60	60	60,00	60,00	60,00	720,00	83,07				
Manchas	1			0	0	60	60	60,00	60,00	60,00	720,00	83,07				
Viga H	Vigas sob a junta de dilatação ou expostas			Segregação	2	0	0	80	273,6	136,61	136,61	136,61	1639,30	189,13	10,00	1891,3
				Lixiviação	2	3	16	80	273,6	136,61	136,61	136,61	1639,30	189,13		
				Esfoliação	4	0	0	80	273,6	136,61	136,61	136,61	1639,30	189,13		
				Desagregação	3	3	24	80	273,6	136,61	136,61	136,61	1639,30	189,13		
		Cobrimto deficiente	3	4	60	80	273,6	136,61	136,61	136,61	1639,30	189,13				
		Corrosão	3	3	24	80	273,6	136,61	136,61	136,61	1639,30	189,13				
		Flecha	5	0	0	80	273,6	136,61	136,61	136,61	1639,30	189,13				
		Fissura	4	0	0	80	273,6	136,61	136,61	136,61	1639,30	189,13				
		Carbonatação	4	4	80	80	273,6	136,61	136,61	136,61	1639,30	189,13				
		Infiltração	3	4	60	80	273,6	136,61	136,61	136,61	1639,30	189,13				
		Presença de Cloreto	5	2	8	80	273,6	136,61	136,61	136,61	1639,30	189,13				
		Manchas	1	2	1,6	80	273,6	136,61	136,61	136,61	1639,30	189,13				
		Viga H	Vigas Expostas	Segregação	2	0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	949,09	109,50	17,00	1861,4
				Lixiviação	2	2	3,2	60	88	79,09	79,09	79,09	949,09	109,50		
				Esfoliação	4	0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	949,09	109,50		
				Desagregação	3	0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	949,09	109,50		
Cobrimto deficiente	3			4	60	60	88	79,09	79,09	79,09	949,09	109,50				
Corrosão	3			0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	949,09	109,50				
Flecha	5			0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	949,09	109,50				
Fissura	4			0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	949,09	109,50				
Carbonatação	4			0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	949,09	109,50				
Infiltração	3			2	4,8	60	88	79,09	79,09	79,09	949,09	109,50				
Presença de Cloreto	5			0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	949,09	109,50				
Manchas	1			4	20	60	88	79,09	79,09	79,09	949,09	109,50				

*Inspeção e Reabilitação de Estruturas em concreto armado sob a ótica da norma EN 1504-9*

Laje	Lajes Neutras	Segregação	2	0	0	60	62,4	62,31	62,31	62,31	747,69	86,26	18	1552,7
		Lixiviação	1	0	0	60	62,4	62,31	62,31	62,31	747,69	86,26		
		Esfoliação	4	0	0	60	62,4	62,31	62,31	62,31	747,69	86,26		
		Desagregação	4	0	0	60	62,4	62,31	62,31	62,31	747,69	86,26		
		Cobrimento deficiente	3	4	60	60	62,4	62,31	62,31	62,31	747,69	86,26		
		Corrosão	3	0	0	60	62,4	62,31	62,31	62,31	747,69	86,26		
		Flecha	5	0	0	60	62,4	62,31	62,31	62,31	747,69	86,26		
		Fissura	4	0	0	60	62,4	62,31	62,31	62,31	747,69	86,26		
		Carbonatação	4	0	0	60	62,4	62,31	62,31	62,31	747,69	86,26		
		Infiltração	3	1	2,4	60	62,4	62,31	62,31	62,31	747,69	86,26		
		Presença de Cloreto	5	0	0	60	62,4	62,31	62,31	62,31	747,69	86,26		
		Manchas	1	0	0	60	62,4	62,31	62,31	62,31	747,69	86,26		
		Laje	Lajes próximas a segunda junta de dilatação e expostas	Segregação	2	0	0	60	74,4	71,61	71,61	71,61		
Lixiviação	1			2	1,6	60	74,4	71,61	71,61	71,61	859,35	99,14		
Esfoliação	4			0	0	60	74,4	71,61	71,61	71,61	859,35	99,14		
Desagregação	4			0	0	60	74,4	71,61	71,61	71,61	859,35	99,14		
Cobrimento deficiente	3			4	60	60	74,4	71,61	71,61	71,61	859,35	99,14		
Corrosão	3			0	0	60	74,4	71,61	71,61	71,61	859,35	99,14		
Flecha	5			0	0	60	74,4	71,61	71,61	71,61	859,35	99,14		
Fissura	3			0	0	60	74,4	71,61	71,61	71,61	859,35	99,14		
Carbonatação	4			2	6,4	60	74,4	71,61	71,61	71,61	859,35	99,14		
Infiltração	3			1	2,4	60	74,4	71,61	71,61	71,61	859,35	99,14		
Presença de Cloreto	5			1	4	60	74,4	71,61	71,61	71,61	859,35	99,14		
Manchas	1			0	0	60	74,4	71,61	71,61	71,61	859,35	99,14		
Laje	Lajes próximas a primeira junta de dilatação e expostas			Segregação	2	0	0	60	70,4	68,86	68,86	68,86	826,36	95,34
		Lixiviação	1	2	1,6	60	70,4	68,86	68,86	68,86	826,36	95,34		
		Esfoliação	4	0	0	60	70,4	68,86	68,86	68,86	826,36	95,34		
		Desagregação	4	0	0	60	70,4	68,86	68,86	68,86	826,36	95,34		
		Cobrimento deficiente	3	4	60	60	70,4	68,86	68,86	68,86	826,36	95,34		
		Corrosão	3	0	0	60	70,4	68,86	68,86	68,86	826,36	95,34		
		Flecha	5	0	0	60	70,4	68,86	68,86	68,86	826,36	95,34		
		Fissura	3	0	0	60	70,4	68,86	68,86	68,86	826,36	95,34		
		Carbonatação	4	2	6,4	60	70,4	68,86	68,86	68,86	826,36	95,34		
		Infiltração	3	1	2,4	60	70,4	68,86	68,86	68,86	826,36	95,34		
		Presença de Cloreto	5	0	0	60	70,4	68,86	68,86	68,86	826,36	95,34		
		Manchas	1	0	0	60	70,4	68,86	68,86	68,86	826,36	95,34		
		Junta de Dilatação	Primeira e Segunda	Manchas	1	2	1,6	1,6	1,6	1,60	0,00	1,60	6,40	0,00
Obstrução	2			0	0	1,6	1,6	1,60	0,00	1,60	6,40	0,00		
Fissura	3			0	0	1,6	1,6	1,60	0,00	1,60	6,40	0,00		
Deslocamento	2			0	0	1,6	1,6	1,60	0,00	1,60	6,40	0,00		
Esmagamento	5			0	0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36		
Cortina	Cortinas à esquerda	Desvio de Geometria	3	0	0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36	11	1004,9
		Infiltração	3	2	4,8	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36		
		Segregação	2	0	0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36		
		Lixiviação	2	0	0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36		
		Esfoliação	4	0	0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36		
		Desagregação	3	0	0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36		
		Deslocamento por Empuxo	5	0	0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36		
		Cobrimento deficiente	3	4	60	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36		
		Corrosão	3	0	0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36		
		Fissura	5	0	0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36		
		Carbonatação	3	0	0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36		
		Presença de cloretos	5	0	0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36		
		Manchas	1	2	1,6	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36		

Inspeção e Reabilitação de Estruturas em concreto armado sob a ótica da norma EN 1504-9

Cortina	Cortinas à esquerda e expostas	Esmagamento	5	0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	1107,27	109,84	3	329,5				
		Desvio de Geometria	3	0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	1107,27	109,84						
		Infiltração	3	2	4,8	60	88	79,09	79,09	79,09	1107,27	109,84						
		Segregação	2	0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	1107,27	109,84						
		Lixiviação	2	2	3,2	60	88	79,09	79,09	79,09	1107,27	109,84						
		Esfoliação	4	0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	1107,27	109,84						
		Desagregação	3	0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	1107,27	109,84						
		Deslocamento por Empuxo	5	0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	1107,27	109,84						
		Cobrimento deficiente	3	4	60	60	88	79,09	79,09	79,09	1107,27	109,84						
		Corrosão	3	0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	1107,27	109,84						
		Fissura	5	0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	1107,27	109,84						
		Carbonatação	3	0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	1107,27	109,84						
		Presença de cloretos	5	0	0	60	88	79,09	79,09	79,09	1107,27	109,84						
		Manchas	1	4	20	60	88	79,09	79,09	79,09	1107,27	109,84						
		Cortina	Cortinas de fundo	Esmagamento	5	0	0	60	66,4	65,78	65,78	65,78			920,96	91,36	4	365,4
				Desvio de Geometria	3	0	0	60	66,4	65,78	65,78	65,78			920,96	91,36		
				Infiltração	3	2	4,8	60	66,4	65,78	65,78	65,78			920,96	91,36		
Segregação	2			0	0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36						
Lixiviação	2			0	0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36						
Esfoliação	4			0	0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36						
Desagregação	3			0	0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36						
Deslocamento por Empuxo	5			0	0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36						
Cobrimento deficiente	3			4	60	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36						
Corrosão	3			0	0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36						
Fissura	5			0	0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36						
Carbonatação	3			0	0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36						
Presença de cloretos	5			0	0	60	66,4	65,78	65,78	65,78	920,96	91,36						
Manchas	1			2	1,6	60	66,4	65,78	65,78	78,33	920,96	108,40						
Cortina	Cortinas à direita e expostas			Esmagamento	5	0	0	60	86,4	78,33	78,33	78,33	1096,67	108,78	17	1849,3		
				Desvio de Geometria	3	0	0	60	86,4	78,33	78,33	78,33	1096,67	108,78				
				Infiltração	3	2	4,8	60	86,4	78,33	78,33	78,33	1096,67	108,78				
		Segregação	2	0	0	60	86,4	78,33	78,33	78,33	1096,67	108,78						
		Lixiviação	2	1	1,6	60	86,4	78,33	78,33	78,33	1096,67	108,78						
		Esfoliação	4	0	0	60	86,4	78,33	78,33	78,33	1096,67	108,78						
		Desagregação	3	0	0	60	86,4	78,33	78,33	78,33	1096,67	108,78						
		Deslocamento por Empuxo	5	0	0	60	86,4	78,33	78,33	78,33	1096,67	108,78						
		Cobrimento deficiente	3	4	60	60	86,4	78,33	78,33	78,33	1096,67	108,78						
		Corrosão	3	0	0	60	86,4	78,33	78,33	78,33	1096,67	108,78						
		Fissura	5	0	0	60	86,4	78,33	78,33	78,33	1096,67	108,78						
		Carbonatação	3	0	0	60	86,4	78,33	78,33	78,33	1096,67	108,78						
		Presença de cloretos	5	0	0	60	86,4	78,33	78,33	78,33	1096,67	108,78						
		Manchas	1	4	20	60	86,4	78,33	78,33	78,33	1096,67	108,78						
		Cortina	Cortinas Frontais	Esmagamento	5	0	0	60	79,2	74,55	74,55	74,55	1043,64	103,52			2	207,0
				Desvio de Geometria	3	0	0	60	79,2	74,55	74,55	74,55	1043,64	103,52				
				Infiltração	3	0	0	60	79,2	74,55	74,55	74,55	1043,64	103,52				
Segregação	2			0	0	60	79,2	74,55	74,55	74,55	1043,64	103,52						
Lixiviação	2			2	3,2	60	79,2	74,55	74,55	74,55	1043,64	103,52						
Esfoliação	4			0	0	60	79,2	74,55	74,55	74,55	1043,64	103,52						
Desagregação	3			0	0	60	79,2	74,55	74,55	74,55	1043,64	103,52						
Deslocamento por Empuxo	5			0	0	60	79,2	74,55	74,55	74,55	1043,64	103,52						
Cobrimento deficiente	3			4	60	60	79,2	74,55	74,55	74,55	1043,64	103,52						
Corrosão	3			0	0	60	79,2	74,55	74,55	74,55	1043,64	103,52						
Fissura	5			2	8	60	79,2	74,55	74,55	74,55	1043,64	103,52						
Carbonatação	3			0	0	60	79,2	74,55	74,55	74,55	1043,64	103,52						
Presença de cloretos	5			0	0	60	79,2	74,55	74,55	74,55	1043,64	103,52						
Manchas	1			3	8	60	79,2	74,55	74,55	74,55	1043,64	103,52						

### APÊNDICE III

Esclerometria - NBR7584/2013: Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão- Método de ensaio.

ENSAIO 1				
Data: 14/12/2017				
Local: Viga 901 B				
Ponto	IEI	V0	V1	RESULTADO
1	38	9,95%	7,29%	VÁLIDO
2	34	-1,63%	-4,00%	VÁLIDO
3	36	4,16%	1,65%	VÁLIDO
4	30	-13,20%		VÁLIDO
5	29	-16,09%		VÁLIDO
6	38	9,95%	7,29%	VÁLIDO
7	36	4,16%	1,65%	VÁLIDO
8	36	4,16%	1,65%	VÁLIDO
9	33	-4,52%	-6,82%	VÁLIDO
10	36	4,16%	1,65%	VÁLIDO
11	30	-13,20%		VÁLIDO
12	39	12,84%		VÁLIDO
13	33	-4,52%	-6,82%	VÁLIDO
14	36	4,16%	1,65%	VÁLIDO
15	35	1,27%	-1,18%	VÁLIDO
16	34	-1,63%	-4,00%	VÁLIDO
IE Médio 0		34,56		
DV		2,966		
IE Médio 1			35,42	

ENSAIO 2			
Data: 14/12/2017			
Local: Pilar 903 B			
Ponto	IEI	V0	RESULTADO
1	41	1,71%	VÁLIDO
2	40	-0,78%	VÁLIDO
3	41	1,71%	VÁLIDO
4	39	-3,26%	VÁLIDO
5	39	-3,26%	VÁLIDO
6	39	-3,26%	VÁLIDO
7	41	1,71%	VÁLIDO
8	42	4,19%	VÁLIDO
9	40	-0,78%	VÁLIDO
10	41	1,71%	VÁLIDO
11	42	4,19%	VÁLIDO
12	41	1,71%	VÁLIDO
13	40	-0,78%	VÁLIDO
14	39	-3,26%	VÁLIDO
15	40	-0,78%	VÁLIDO
16	40	-0,78%	VÁLIDO
IE Médio 0		40,31	
DV		1,014	

ENSAIO 3					
Data: 14/12/2017					
Local: Pilar 302 C					
Ponto	IEI	V0	V1	V2	RESULTADO
1	40	-0,93%	-1,06%	-1,06%	VÁLIDO
2	39	-3,41%	-3,53%	-3,53%	VÁLIDO
3	36	-5,88%	-6,01%	-6,01%	VÁLIDO
4	48	18,89%	18,73%	18,73%	INVÁLIDO
5	40	-0,93%	-1,06%	-1,06%	VÁLIDO
6	40	-0,93%	-1,06%	-1,06%	VÁLIDO
7	42	4,02%	3,89%	3,89%	VÁLIDO
8	32	-20,74%	-20,85%	-20,85%	INVÁLIDO
9	40	-0,93%	-1,06%	-1,06%	VÁLIDO
10	40	-0,93%	-1,06%	-1,06%	VÁLIDO
11	39	-3,41%	-3,53%	-3,53%	VÁLIDO
12	40	-0,93%	-1,06%	-1,06%	VÁLIDO
13	44	8,98%	8,83%	8,83%	VÁLIDO
14	40	-0,93%	-1,06%	-1,06%	VÁLIDO
15	44	8,98%	8,83%	8,83%	VÁLIDO
16	40	-0,93%	-1,06%	-1,06%	VÁLIDO
IE Médio 0		40,38			
DV		3,344			
IE Médio 1			40,43		
IE Médio 2				40,43	

Inspeção e Reabilitação de Estruturas em concreto armado sob a ótica da norma EN 1504-9

ENSAIO 4					
Data: 14/12/2017					
Local: Pilar 501 C					
Ponto	IEI	V0	V1	V3	RESULTADO
1	38	-7,03%	-5,90%	-5,90%	VÁLIDO
2	45	10,09%	11,43%	11,43%	INVÁLIDO
3	40	-2,14%	-0,95%	-0,95%	VÁLIDO
4	39	-4,59%	-3,43%	-3,43%	VÁLIDO
5	42	2,75%	4,00%	4,00%	VÁLIDO
6	39	-4,59%	-3,43%	-3,43%	VÁLIDO
7	40	-2,14%	-0,95%	-0,95%	VÁLIDO
8	41	0,31%	1,52%	1,52%	VÁLIDO
9	38	-7,03%	-5,90%	-5,90%	VÁLIDO
10	38	-7,03%	-5,90%	-5,90%	VÁLIDO
11	42	2,75%	4,00%	4,00%	VÁLIDO
12	48	17,43%	18,86%	18,86%	INVÁLIDO
13	36	-11,93%	-10,86%	-10,86%	INVÁLIDO
14	44	7,65%	8,95%	8,95%	VÁLIDO
15	40	-2,14%	-0,95%	-0,95%	VÁLIDO
16	44	7,65%	8,95%	8,95%	VÁLIDO
IE Médio 0		40,88			
DV		3,138			
IE Médio 1		40,38			
IE Médio 2		40,38			

ENSAIO 5					
Data: 14/12/2017					
Local: Pilar 901 A					
Ponto	IEI	V0	V1	V3	RESULTADO
1	39	1,13%	0,34%	-3,43%	VÁLIDO
2	38	-1,46%	-2,23%	-5,90%	VÁLIDO
3	37	-4,05%	-4,80%	-8,38%	VÁLIDO
4	39	1,13%	0,34%	-3,43%	VÁLIDO
5	41	6,32%	5,49%	1,52%	VÁLIDO
6	38	-1,46%	-2,23%	-5,90%	VÁLIDO
7	41	6,32%	5,49%	1,52%	VÁLIDO
8	41	6,32%	5,49%	1,52%	VÁLIDO
9	34	-11,83%	-12,52%	-15,81%	INVÁLIDO
10	39	1,13%	0,34%	-3,43%	VÁLIDO
11	40	3,73%	2,92%	-0,95%	VÁLIDO
12	38	-1,46%	-2,23%	-5,90%	VÁLIDO
13	38	-1,46%	-2,23%	-5,90%	VÁLIDO
14	37	-4,05%	-4,80%	-8,38%	VÁLIDO
15	39	1,13%	0,34%	-3,43%	VÁLIDO
16	38	-1,46%	-2,23%	-5,90%	VÁLIDO
IE Médio 0		38,56			
DV		1,788			
IE Médio 1		38,87			
IE Médio 2		38,87			

ENSAIO 6					
Data: 14/12/2017					
Local: Viga 401 A					
Ponto	IEI	V0	V1	V3	RESULTADO
1	32	-4,83%	-5,08%	-5,70%	VÁLIDO
2	36	7,06%	6,78%	6,09%	VÁLIDO
3	33	-1,86%	-2,12%	-2,75%	VÁLIDO
4	33	-1,86%	-2,12%	-2,75%	VÁLIDO
5	36	7,06%	6,78%	6,09%	VÁLIDO
6	35	4,09%	3,81%	3,14%	VÁLIDO
7	32	-4,83%	-5,08%	-5,70%	VÁLIDO
8	36	7,06%	6,78%	6,09%	VÁLIDO
9	36	7,06%	6,78%	6,09%	VÁLIDO
10	32	-4,83%	-5,08%	-5,70%	VÁLIDO
11	35	4,09%	3,81%	3,14%	VÁLIDO
12	32	-4,83%	-5,08%	-5,70%	VÁLIDO
13	29	-13,75%	-13,98%	-14,54%	INVÁLIDO
14	37	10,04%	9,75%	9,04%	VÁLIDO
15	31	-7,81%	-8,05%	-8,64%	VÁLIDO
16	33	-1,86%	-2,12%	-2,75%	VÁLIDO
IE Médio 0		33,63			
DV		2,277			
IE Médio 1		33,71			
IE Médio 2		33,93			

*Inspeção e Reabilitação de Estruturas em concreto armado sob a ótica da norma EN 1504-9*

<b>Ensaio</b>	<b>Elemento</b>	<b>IE Médio</b>	<b>Resistência do concreto à compressão (MPa) (*)</b>
1	Viga 901 B	35,42	32,0
2	Pilar 903 B	40,31	40,0
3	Pilar 302 C	40,43	41,0
4	Pilar 501 C	40,38	41,0
5	Pilar 901 A	38,87	38,0
6	Viga 401 A	33,93	30,0

(\*) Média de resistência do concreto à compressão obtida na curva de esclerometria do Ábaco de Schmidt

Inspeção e Reabilitação de Estruturas em concreto armado sob a ótica da norma EN 1504-9

Aderência a tração

TABELA - RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DE REVESTIMENTO DE PAREDES DE ARGAMASSAS INORGÂNICAS NBR 13528:2010 - Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração												
Interessado	Condomínio Residencial João Aguiar Madeira			Obra	Edifício Residencial João Aguiar Madeira							
IDENTIFICAÇÕES GERAIS												
Temperatura no dia do ensaio: 20.4° C					Umidade relativa no dia do ensaio: 87%							
Data do ensaio: 14/12/2017					Diâmetro das pastilhas: 5 cm							
Tipo de cola utilizada: Epoxi					Equipamento de corte: Serra-copo diamantada							
Equipamento de tração: Alfa 3105 CS					Operador: Jailson							
INFORMAÇÕES DO SISTEMA DE REVESTIMENTO												
Substrato				<input type="checkbox"/> Bloco cerâmico			<input type="checkbox"/> Bloco de concreto			<input checked="" type="checkbox"/> Estrutura de concreto		
Chapisco				<input type="checkbox"/> Não			<input checked="" type="checkbox"/> Sim					
Argamassa				<input checked="" type="checkbox"/> Rodada em obra			<input type="checkbox"/> Usinada			<input type="checkbox"/> Industrializada		
Tipo de aplicação				<input checked="" type="checkbox"/> Manual			<input type="checkbox"/> Mecânica					
Idade do revestimento				Acima de 28 dias								
LOCAL ENSAIADO												
Pilar 01 do Pilotis - Torre C												
RESULTADOS												
CP	Ø Médio (mm)	Carga de Ruptura (kgf)	Resistência (MPa)	Formas de ruptura (%)								
				Sub.	Subs/Chap	Chap.	Chap/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola/Past	OBS.	
1	50	93,10	0,47						X			
2	50	76,40	0,38						X			
3	50	106,00	0,53						X			
4	50	118,50	0,59				X					
5	50	171,20	0,86			X						
6	50	67,00	0,33							X		
7	50	79,50	0,40							X		
8	50	81,10	0,41						X			
Resistência de aderência à tração média (MPa)			0,50	CARACTERÍSTICAS DO REVESTIMENTO								
Desvio padrão (MPa)			0,17	Teor de umidade médio: Sem umidade								
Coeficiente de variação			33,93%	Espessura média: 25 mm								
Mediana (MPa)			0,44									
REFERÊNCIA NORMATIVA												
A NBR 13749/2013, coloca que o revestimento será aceito se de cada 12 (doze) corpos-de-prova, pelo menos 8 (oito) valores forem iguais ou maiores que <b>0,30 MPa</b> para revestimentos externos e internos com acabamento em cerâmica ou laminado ou <b>0,20 MPa</b> para revestimentos internos com acabamento em pintura.												
Brasília, Dezembro de 2017												

Inspeção e Reabilitação de Estruturas em concreto armado sob a ótica da norma EN 1504-9

TABELA - RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DE REVESTIMENTO DE PAREDES DE ARGAMASSAS INORGÂNICAS												
NBR 13528:2010 - Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração												
Interessado	Condomínio Residencial João Aguiar Mac				Obra	Edifício Residencial João Aguiar Madeira						
IDENTIFICAÇÕES GERAIS												
Temperatura no dia do ensaio: 20,4 ° C						Umidade relativa no dia do ensaio: 87%						
Data do ensaio: 14/12/2017						Diâmetro das pastilhas: 5 cm						
Tipo de cola utilizada: Epoxi						Equipamento de corte: Serra-copo diamantada						
Equipamento de tração: Aífa 3105 CS						Operador: Jailson						
INFORMAÇÕES DO SISTEMA DE REVESTIMENTO												
Substrato				<input type="checkbox"/> Bloco cerâmico		<input type="checkbox"/> Bloco de concreto		<input checked="" type="checkbox"/> Estrutura de concreto				
Chapisco				<input type="checkbox"/> Não		<input checked="" type="checkbox"/> Sim						
Argamassa				<input checked="" type="checkbox"/> Rodada em obra		<input type="checkbox"/> Usinada		<input type="checkbox"/> Industrializada				
Tipo de aplicação				<input checked="" type="checkbox"/> Manual		<input type="checkbox"/> Mecânica						
Idade do revestimento				Acima de 28 dias								
LOCAL ENSAIADO												
Pilar 02 do Pilotis - Torre C												
RESULTADOS												
CP	Ø Médio (mm)	Carga de Ruptura (kgf)	Resistência (MPa)	Formas de ruptura (%)								OBS.
				Sub.	Subs/Chap	Chap.	Chap/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola/Past		
1	50	42,50	0,21				X					
2	50	116,00	0,58						X			
3	50	113,30	0,57				X					
4	50	29,50	0,15						X			
5	50	122,50	0,61				X					
6	50	114,20	0,57						X			
7	50	97,40	0,49						X			
8	50	121,30	0,61						X			
Resistência de aderência à tração média (MPa)			0,47	<b>CARACTERÍSTICAS DO REVESTIMENTO</b> Teor de umidade médio: Sem umidade Espessura média: 25 mm								
Desvio padrão ( MPa)			0,19									
Coeficiente de variação			39,24%									
Mediana (MPa)			0,57									
REFERÊNCIA NORMATIVA												
A NBR 13749/2013, coloca que o revestimento será aceito se de cada 12 (doze) corpos-de-prova, pelo menos 8 (oito) valores forem iguais ou maiores que <b>0,30 MPa</b> para revestimentos externos e internos com acabamento em cerâmica ou laminado ou <b>0,20 MPa</b> para revestimentos internos com acabamento em pintura.												
Brasília, Dezembro de 2017												

Inspeção e Reabilitação de Estruturas em concreto armado sob a ótica da norma EN 1504-9

TABELA - RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DE REVESTIMENTO DE PAREDES DE ARGAMASSAS INORGÂNICAS												
NBR 13528:2010 - Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração												
Interessado	Condomínio Residencial João Aguiar Maç					Obra	Edifício Residencial João Aguiar Madeira					
IDENTIFICAÇÕES GERAIS												
Temperatura no dia do ensaio: 20,4 °C						Umidade relativa no dia do ensaio: 87%						
Data do ensaio: 14/12/2017						Diâmetro das pastilhas: 5 cm						
Tipo de cola utilizada: Epoxi						Equipamento de corte: Serra-copo diamantada						
Equipamento de tração: Alfa 3105 CS						Operador: Jailson						
INFORMAÇÕES DO SISTEMA DE REVESTIMENTO												
Substrato			<input type="checkbox"/> Bloco cerâmico <input type="checkbox"/> Bloco de concreto <input checked="" type="checkbox"/> Estrutura de concreto									
Chapisco			<input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim									
Argamassa			<input checked="" type="checkbox"/> Rodada em obra <input type="checkbox"/> Usinada <input type="checkbox"/> Industrializada									
Tipo de aplicação			<input checked="" type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/> Mecânica									
Idade do revestimento			Acima de 28 dias									
LOCAL ENSAIADO												
Pilar 03 do Pilotis - Torre C												
RESULTADOS												
CP	Ø Médio (mm)	Carga de Ruptura (kgf)	Resistência (MPa)	Formas de ruptura (%)								OBS.
				Sub.	Subs/Chap	Chap.	Chap/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola/Past		
1	50	50,30	0,25				X					
2	50	147,10	0,73				X					
3	50	122,30	0,61				X					
4	50	97,80	0,49						X			
5	50	147,20	0,74					X				
6	50	150,10	0,75					X				
7	50	92,50	0,46				X					
8	50	169,20	0,85					X				
Resistência de aderência à tração média (MPa)			0,61	CARACTERÍSTICAS DO REVESTIMENTO								
Desvio padrão (MPa)			0,20	Teor de umidade médio: Sem umidade								
Coeficiente de variação			32,30%	Espessura média: 25 mm								
Mediana (MPa)			0,67									
REFERÊNCIA NORMATIVA												
A NBR 13749/2013, coloca que o revestimento será aceito se de cada 12 (doze) corpos-de-prova, pelo menos 8 (oito) valores forem iguais ou maiores que <b>0,30 MPa</b> para revestimentos externos e internos com acabamento em cerâmica ou laminado ou <b>0,20 MPa</b> para revestimentos internos com acabamento em pintura.												
Brasília, Dezembro de 2017												

Inspeção e Reabilitação de Estruturas em concreto armado sob a ótica da norma EN 1504-9

TABELA - RESISTÊNCIA DE ADERÊNCIA À TRAÇÃO DE REVESTIMENTO DE PAREDES DE ARGAMASSAS INORGÂNICAS												
NBR 13528:2010 - Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração												
Interessado	Condomínio Residencial João Aguiar Mad					Obra	Edifício Residencial João Aguiar Madeira					
IDENTIFICAÇÕES GERAIS												
Temperatura no dia do ensaio: 20,4° C						Umidade relativa no dia do ensaio: 87%						
Data do ensaio: 14/12/2017						Diâmetro das pastilhas: 5 cm						
Tipo de cola utilizada: Epoxi						Equipamento de corte: Serra-copo diamantada						
Equipamento de tração: Alfa 3105 CS						Operador: Jailson						
INFORMAÇÕES DO SISTEMA DE REVESTIMENTO												
Substrato			<input type="checkbox"/> Bloco cerâmico <input type="checkbox"/> Bloco de concreto <input checked="" type="checkbox"/> Estrutura de concreto									
Chapisco			<input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim									
Argamassa			<input checked="" type="checkbox"/> Rodada em obra <input type="checkbox"/> Usinada <input type="checkbox"/> Industrializada									
Tipo de aplicação			<input checked="" type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/> Mecânica									
Idade do revestimento			Acima de 28 dias									
LOCAL ENSAIADO												
Pilar 04 do Pilotis - Torre C												
RESULTADOS												
CP	Ø Médio (mm)	Carga de Ruptura (kgf)	Resistência (MPa)	Formas de ruptura (%)								OBS.
				Sub.	Subs/Chap	Chap.	Chap/Arg	Arg.	Arg/Cola	Cola/Past		
1	50	97,50	0,49							X		
2	50	107,20	0,54					X				
3	50	160,10	0,80				X					
4	50	98,30	0,49						X			
5	50	63,50	0,32						X			
6	50	85,90	0,43						X			
7	50	97,70	0,49						X			
8	50	138,10	0,69						X			
Resistência de aderência à tração média (MPa)			0,53	<b>CARACTERÍSTICAS DO REVESTIMENTO</b> Teor de umidade médio: Sem umidade Espessura média: 25 mm								
Desvio padrão (MPa)			0,15									
Coeficiente de variação			28,45%									
Mediana (MPa)			0,49									
REFERÊNCIA NORMATIVA												
A NBR 13749/2013, coloca que o revestimento será aceito se de cada 12 (doze) corpos-de-prova, pelo menos 8 (oito) valores forem iguais ou maiores que <b>0,30 MPa</b> para revestimentos externos e internos com acabamento em cerâmica ou laminado ou <b>0,20 MPa</b> para revestimentos internos com acabamento em pintura.												
Brasília, Dezembro de 2017												

*Inspeção e Reabilitação de Estruturas em concreto armado sob a ótica da norma EN 1504-9*

<b>Local ensaiado</b>	<b>Resistência de aderência à tração média (MPa)</b>
Pilar 01	0,33
Pilar 02	0,32
Pilar 03	0,41
Pilar 04	0,35

Pacometria - A pacometria é um ensaio não destrutivo realizado que utiliza o pacômetro, aparelho que detecta a posição da barra de aço na estrutura de concreto armado e fornece o diâmetro da barra e a espessura do cobrimento, por meio de indução magnética.

**RESULTADOS DOS ENSAIOS DE PACOMETRIA NO SUBSOLO**

**Segundo Pavimento:**

	<b>Cobrimento Nominal</b>
1) Fração da Viga Alinhada ao pilar 903 B	12 mm
2) Pilar 903 B	11 mm
3) Pilar que não possui identificação localizado ao lado do pilar 302 C	18 mm
4) Fração da Viga próxima da rampa	10 mm
5) Pilar próximo ao Hidrante	14 mm

**Primeiro Pavimento:**

1) Pilar 901 A	14 mm
2) Fração da Viga Alinhada ao pilar 401 A	9 mm
3) Fração da Viga Alinhada ao pilar 604 A	14 mm

**RESULTADOS DOS ENSAIOS DE PACOMETRIA NOS PAVIMENTOS TIPO**

**Bloco C:**

	<b>Revestimento Argamassado e Cobrimento Nominal</b>
1) Apartamento 101	35 mm
2) Apartamento 201	29 mm
3) Apartamento 401	33 mm
4) Apartamento 704	58 mm

Ultrassonografia - Este ensaio é realizado conforme os procedimentos prescritos na NBR 8802/2013: Concreto endurecido – Determinação de velocidade de propagação de onda ultrassônica.

<b>Ensaio</b>	<b>Elemento</b>	<b>Velocidade</b>	<b>Qualidade do concreto</b>
1	Pilar referente à vaga 301C	3663,00	ÓTIMO/BOM
2	Pilar referente à vaga 203C	3703,70	ÓTIMO/BOM
3	Viga alinhada às vagas 203C/202C	3401,36	BOM/DUVIDOSO
4	Pilar referente à vaga 104B	3470,70	BOM/DUVIDOSO
5	Viga alinhada às vagas 503C/804 C	3559,69	ÓTIMO/BOM