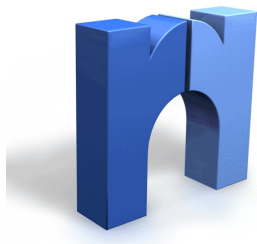


ESTRUTURAS DE CONCRETO



RUI MEDEIROS S.S



RELATÓRIO TÉCNICO

L0140

CLIENTE: EDIFÍCIO MONTEPAR FÓRUM CÍVEL

**REFERÊNCIA: RELATÓRIO DAS CONDIÇÕES DE VIDA ÚTIL DA
ESTRUTURA DO EDIFÍCIO E RECENTES MANIFESTAÇÕES
PATOLÓGICAS**

Curitiba, 2021

APRESENTAÇÃO

Ao Tribunal de Justiça do Paraná

Curitiba, 30 de abril de 2021

Ref.: Parecer Técnico

Prezados Senhores

Em continuidade à solicitação de V.S.^a faço uso do presente documento para apresentação do parecer técnico sobre as condições de vida útil da estrutura da edificação que compõe o Edifício Montepar, situado na Av. Candido de Abreu, 535, Centro Cívico, Curitiba, PR, CEP 80530-000.

Quaisquer dúvidas ou esclarecimentos complementares que por ventura se fizerem necessários, assim como quaisquer orientações mais específicas, poderão ser feitas diretamente.

Sendo o que havia a apresentar, renovo meus protestos de elevada estima e distinta consideração.

Atenciosamente,



Rui Medeiros

Sumário

I. INTRODUÇÃO	1
II. OBJETO.....	2
III. APRESENTAÇÃO	4
1. EMBASAMENTO TEÓRICO	5
1.2. TEMPERATURA.....	9
1.3. FISSURAÇÃO	14
1.4. RECALQUES DIFERENCIAIS	19
1.5. REBAIXAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO	25
1.6. PREVISÃO DE VIDA ÚTIL	27
1.7. DEFORMAÇÕES.....	48
1.8. IMPERMEABILIZAÇÃO	52
1.9. MANUTENÇÃO	56
2. VISTORIA	58
3. CONSIDERAÇÕES	244
3.1. SEGURANÇA DA EDIFICAÇÃO	244
3.2. CONSERVAÇÃO ESTRUTURAL	245
3.3. ESTRUTURA.....	246
3.4. IMPERMEABILIZAÇÃO	246
3.5. RELAÇÃO QUANTITATIVA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	246
4. RECOMENDAÇÕES	248
4.1. ESTRUTURA.....	248
4.2. IMPERMEABILIZAÇÃO	248
5. PROCEDIMENTO DE RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL	250
5.1. RECUPERAÇÃO DOS ESTRIBOS DAS VIGAS PRINCIPAIS	250
5.2. RECUPERAÇÃO DAS ARMADURAS LONGITUDINAIS DAS VIGAS E PILARES	252

5.3.	RECUPERAÇÃO DE ESTRIBOS DE PILARES	253
5.4.	RECUPERAÇÃO DAS FISSURAS	256
5.5.	REPARO EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS	261
5.6.	REPOSIÇÕES DE ARMADURAS	262
5.7.	MATERIAL PROTEÇÃO E UNIFORMIZAÇÃO DA FACHADA	263
6.	CONCLUSÃO.....	268
7.	DOCUMENTOS EM ANEXO	269
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	270

I. INTRODUÇÃO

O presente relatório tem por finalidade informar as condições de vida útil da estrutura do edifício acima referenciados e das recentes manifestações patológicas, através de inspeção visual, que poderão ser confirmadas através de ensaios de carbonatação, resistividade e corrosão ou resistência dos elementos estruturais e monitoramento visual. As figuras 1 e 2 fazem a apresentação do objeto de estudo e análise.

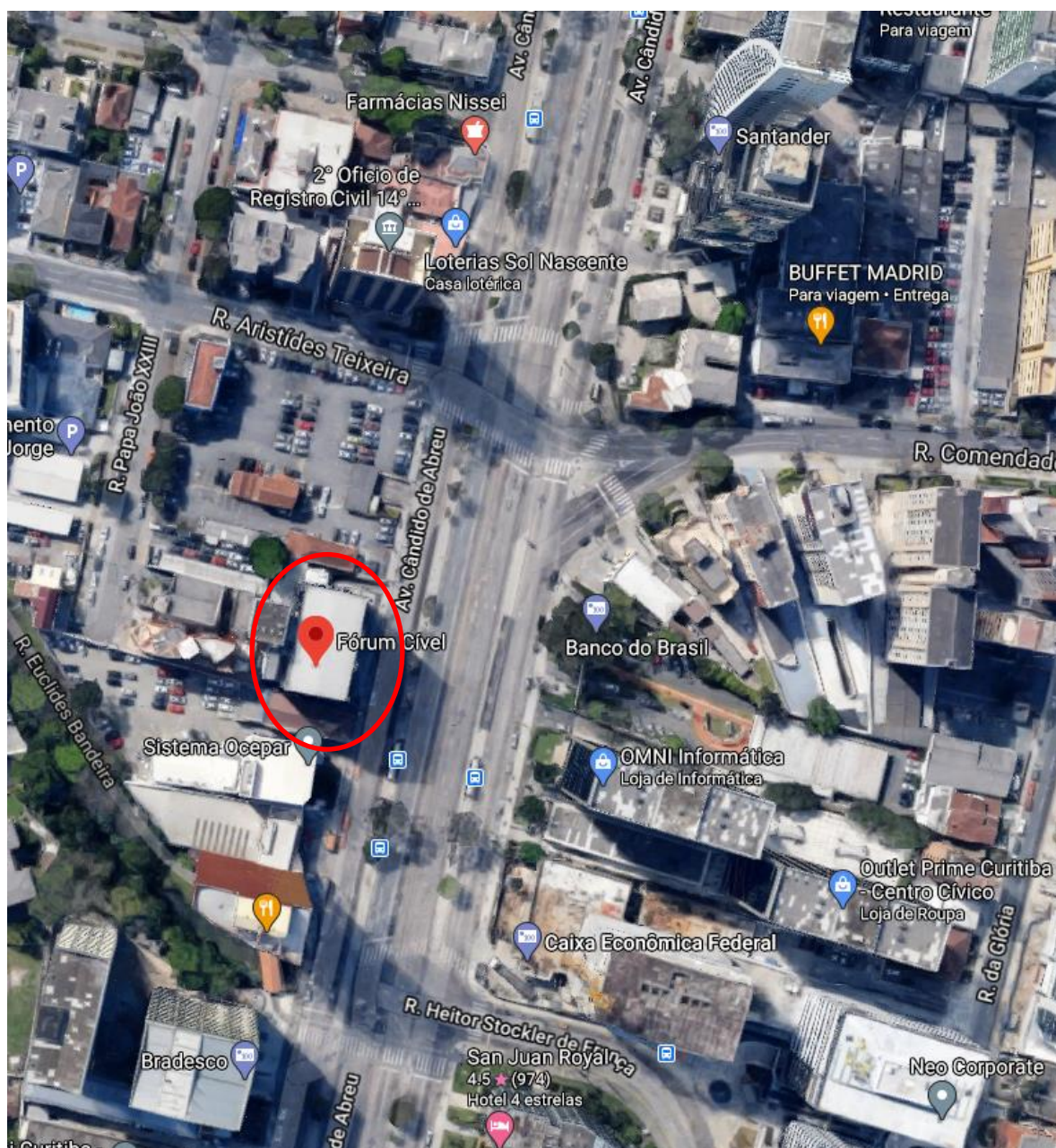


Figura 01 - Imagem aérea do Fórum Cível



Figura 02 – Fachada do Fórum Cível do Foro Central da Comarca da Região Metropolitana de Curitiba

II. OBJETO

Elaboração de relatório técnico das manifestações patológicas da estrutura do Ed. Montepar localizado a Av. Candido de Abreu nº 535, fundamentado em vistoria, com indicações de procedimentos e materiais que devem restabelecer a estrutura, prolongando sua vida útil e assegurar conforto e segurança dos proprietários e usuários. Não faz parte de nosso escopo de fornecimento à reconstituição do modelo estrutural e de fundações e certificação dos mesmos, bem como ensaios de resistência e resistividade e potencial de corrosão uma vez que este trabalho foi anteriormente executado.

Histórico da Obra

Trata-se de edifício projetado para fins comerciais em estrutura de concreto armado com protensão, cujo projeto estrutural é de autoria do engenheiro Paulo Augusto Wendler, CREA nº 386-D/PR, datada de 1975, construído pela Companhia Brasileira de Obras para a Farid Surugi S/A. Consta de um edifício comercial com subsolo, pavimento térreo, primeiro pavimento com anfiteatro e mais 9 pavimentos tipo, com um total de 12 lajes com 10 cm de espessura, vãos de 125 cm apoiadas em vigas protendidas de 15 x 50 cm com vão de 16,55 m, apoiadas em 8 pilares em forma de “H”. Constitui a edificação de dois blocos, um em concreto armado com armaduras passivas e concreto $f_{ck}=150 \text{ kg/cm}^2$ ou 15 MPa, que abriga escadas, elevadores, casa de máquinas e reservatório superior, e outro bloco frontal, com pavimentos comerciais em concreto armado e protendido com armaduras passivas e ativas com concreto $f_{ck}=225 \text{ kg/cm}^2$ ou 22,5 MPa.

A edificação possui área construída de 8.384,89 m² em um terreno de 1.192,56 m², cujo proprietário é o Tribunal de Justiça do Estado do Paraná – TJPR.

PROJETOS	SOLICITADO	DISPONIBILIZADO	OBSERVAÇÕES
PROJETO ARQUITETÔNICO	SIM	NÃO	-
PROJETO ESTRUTURAL	SIM	SIM	-
PROJETO DE FUNDAÇÃO/ CONTENÇÃO/ SONDAGEM	SIM	NÃO	-
PROJETO HIDROSSANITÁRIO	NÃO	NÃO	-
PROJETO ELÉTRICO	NÃO	SIM	-
PLANTA ARQUITETÔNICO PREFEITURA	SIM	NÃO	-

III. APRESENTAÇÃO

O relatório propriamente dito será assim dividido:

- 1 Embasamento teórico;
- 2 Vistoria;
- 3 Considerações;
- 4 Recomendações;
- 5 Conclusão;
- 6 Documentos em anexo;
- 7 Referências bibliográficas;

1. EMBASAMENTO TEÓRICO

Segundo HELENE (2005), Patologia representa a área da Engenharia que estuda os sintomas mecânicos, causas e origens dos defeitos das construções.

O diagnóstico é com certeza a fase do processo de patologia que necessita do especialista a utilização do seu conhecimento técnico, experiência, capacidade de análise, síntese e de bom senso.

É nesta fase em que a ligação causa/efeito tem que ser realizada. O conhecimento, a vivência e a experiência do patologista são os fatores que mais contam para se obter o sucesso do trabalho e é sem dúvida nesta fase que estas características são mais necessárias.

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

Uma elevada porcentagem das manifestações patológicas tem origem nas etapas de planejamento e projeto, conforme a figura a seguir. As falhas de planejamento e projeto são, em geral, mais graves que as falhas de qualidade dos materiais ou de má execução. É sempre preferível investir mais tempo no detalhamento e estudo da estrutura que, por falta de previsão, tomar decisões precipitadas. Todos os materiais empregados nas construções estão sujeitos a dilatações com o aumento de temperatura, e as contrações com a sua diminuição. (*Building Research Establishment – Estimation of thermal and moisture movements and stresses. Garston, 1979 – Digest 227, Part 1*).

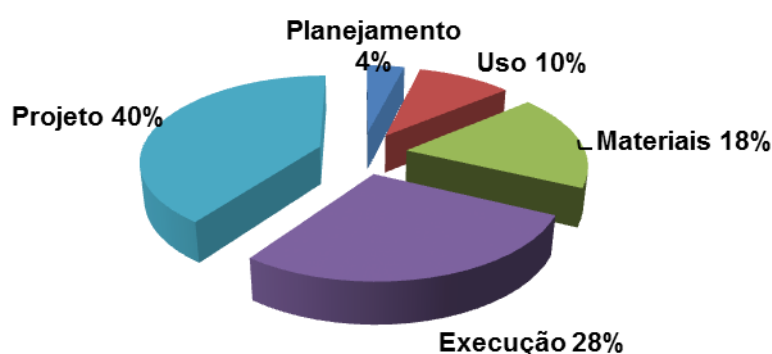


Figura 03 - Diagrama de origens de manifestações patológicas

Quadro 1 - Causas intrínsecas do surgimento de patologias em edificações

FALHAS HUMANAS DURANTE A CONSTRUÇÃO	DEFICIÊNCIA DE CONCRETAGEM	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte • Lançamento • Juntas de concretagem • Adensamento • Cura
	INADEQUAÇÃO DE ESCORAMENTOS E FORMAS	
	DEFICIÊNCIAS NAS ARMADURAS	<ul style="list-style-type: none"> • Má interpretação dos projetos • Insuficiência de armaduras • Mau posicionamento das armaduras • Cobrimento de concreto insuficiente • Dobramento inadequado das barras • Deficiências nas ancoragens • Deficiências nas emendas • Má utilização de anticorrosivos
	UTILIZAÇÃO INCORRETA DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • f_{ck} inferior ao especificado • Aço diferente do especificado • Solo com características diferentes • Utilização de agregados reativos • Utilização inadequada de aditivos • Dosagem inadequada do concreto
	INEXISTÊNCIA DE CONTROLE DE QUALIDADE	
FALHAS HUMANAS DURANTE A UTILIZAÇÃO (AUSÊNCIA DE MANUTENÇÃO)		
CAUSAS NATURAIS	CAUSAS PRÓPRIAS A ESTRUTURA POROSA DO CONCRETO	
	CAUSAS QUÍMICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Reações internas ao concreto • Expansibilidade de certos constituintes do cimento • Presença de cloretos • Presença de ácidos e sais • Presença de anidrido carbônico • Presença da água • Elevação da temperatura interna do concreto
	CAUSAS FÍSICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Variação de temperatura • Insolação • Vento • Água
	CAUSAS BIOLÓGICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Ações de fungos ou bactérias

Quadro 2 - Causas extrínsecas do surgimento de patologias em edificações

FALHAS HUMANAS DURANTE O PROJETO	<ul style="list-style-type: none"> • Modelização inadequada da estrutura • Má avaliação das cargas • Detalhamento errado ou insuficiente • Inadequação ao ambiente • Incorreção na interação solo – estrutura • Incorreção na consideração de juntas de dilatação
FALHAS HUMANAS DURANTE A UTILIZAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Alterações estruturais • Sobrecargas exageradas • Alteração das condições do terreno de fundação
AÇÕES MECÂNICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Choques de veículos • Recalque de fundações • Acidentes (ações imprevisíveis)
AÇÕES FÍSICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Variação de temperatura • Insolação • Atuação da água
AÇÕES QUÍMICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Ação de agentes Químicos
AÇÕES BIOLÓGICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Ações de Fungos ou Bactérias

LEI DE EVOLUÇÃO DE CUSTOS

Dividindo as etapas construtivas e de uso em quatro períodos correspondentes ao projeto, à execução propriamente dita, à manutenção preventiva efetuada antes dos cinco primeiros anos e à manutenção corretiva após o surgimento dos problemas, a cada uma corresponderá um custo que segue uma progressão geométrica de razão cinco, conforme a figura a seguir.



Figura 04- Lei de evolução de custos de Sitter (Fonte: Sitter, 1984 CEB RILEM)

Uma interpretação adequada de cada um desses períodos ou etapas de obra pode ser a seguinte:

1.1.1. Projeto

Toda medida tomada em nível de projeto com o objetivo de aumentar a proteção e a durabilidade da estrutura, como por exemplo aumentar o cobrimento da armadura, reduzir a relação água/cimento do concreto, especificar tratamentos protetores superficiais, escolher detalhes construtivos adequados, especificar cimentos, aditivos e adições com características especiais e outras, implica um custo que pode ser associado ao número 1 (um) do eixo custo relativo no gráfico.

1.1.2. Execução

Toda medida extra projeto, tomada durante a execução propriamente dita, incluindo nesse período a obra recém-construída, implica um custo 5 (cinco) vezes superior ao custo que teria sido acarretado se esta medida tivesse sido tomada a nível de projeto, para obter-se o mesmo “grau” de proteção e durabilidade da estrutura.

Um exemplo típico é a decisão em obra de reduzir relação água/cimento para aumentar a durabilidade e a proteção à armadura. A mesma medida tomada durante o projeto permitiria o redimensionamento automático da estrutura, considerando um concreto de resistência a compressão mais elevada, de menor módulo de deformação, de menor deformação lenta e de maiores resistências a baixas idades. Essas novas características do concreto acarretariam a redução das dimensões dos componentes estruturais, economia de fôrmas, redução de taxas de armadura, redução de volumes e peso próprio, etc. Esta medida tomada em obra, apesar de eficaz e oportuna do ponto de vista de durabilidade, não mais pode proporcionar alteração para melhor dos componentes estruturais que já foram definidos anteriormente no projeto estrutural e, portanto, pode representar um custo até cinco vezes maior.

1.1.3. Manutenção Preventiva

Toda medida tomada com antecedência e previsão, durante o período de uso e manutenção da estrutura, pode ser associado a um custo 5 (cinco) vezes menor que aquele necessário para a correção dos problemas gerados a partir de uma intervenção não prevista tomada diante de uma manifestação explícita e irreversível de uma patologia qualquer. Ao mesmo tempo estará associada a um custo 25 (vinte e cinco) vezes superior àquele que teria acarretado uma decisão de projeto para obtenção do mesmo “grau” de proteção e durabilidade da estrutura. Como exemplo pode-se citar a remoção de fuligem ácida e a limpeza

das fachadas, estucamento e/ou reestucamento das superfícies aparentes, pinturas com vernizes e hidrofugantes, renovação construção de rufos, pingadeiras, beirais, brises e outras medidas de proteção.

1.1.4. Manutenção Corretiva

Correspondem aos trabalhos de diagnóstico, prognóstico, reparo e proteção das estruturas que já apresentam manifestações patológicas, ou seja, correção de problemas evidentes. A estas atividades pode-se associar um custo 125 (cento e vinte e cinco) vezes superior ao custo das medidas que poderiam ter sido tomadas no nível de projeto e que implicariam um mesmo “grau” de proteção e durabilidade que se estime da obra a partir da correção.

Segundo SITTER, colaborador do CEB-FIP (*Comité Euro-Internacional du Béton*), formulador dessa lei de custos amplamente citada em bibliografias específicas da área, adiar uma intervenção significa aumentar os custos diretos em progressão geométrica de razão 5 (cinco), o que torna ainda mais atual o conhecido ditado popular: “não deixar para amanhã o que você pode fazer hoje”, por um custo de cinco a cento e vinte e cinco vezes menor.

1.2. TEMPERATURA

1.2.1. Propriedades térmicas dos materiais de construção

Todos os materiais empregados nas construções estão sujeitos a dilatações com o aumento de temperatura, e as contrações com a sua diminuição (*Building Research Establishment – Estimation of thermal and moisture movements and stresses. Garston, 1979 – Digest 227, Part 1*). A intensidade desta variação dimensional, para uma dada variação de temperatura, varia de material para material, podendo-se considerar, salvo algumas exceções que as movimentações térmicas dos materiais de construção são praticamente as mesmas em todas as direções. Para quantificarem-se as movimentações sofridas por um componente, além de suas propriedades físicas, deve-se conhecer o ciclo de temperatura a que esteve sujeito. Muitas vezes é suficiente a determinação dos níveis extremos de temperatura deste ciclo; em alguns casos é necessário determinar-se também a velocidade de ocorrência das mudanças térmicas como no caso algumas argamassas e selantes que possuem pouca capacidade de acomodação a movimentos bruscos. Segundo indicações do *Building Research Establishment*, as amplitudes de variação das temperaturas dos componentes das edificações podem ser bastante acentuadas, variando de acordo com as condições a que são submetidas e o diferencial de temperatura entre as faces.

1.2.2. Tensões advindas de mudanças de temperatura

As tensões altas advindas de mudanças bruscas de temperatura podem ser também relevantes para os materiais que se degradam sob efeito de choques térmicos; de acordo com James Mc Caviley (*American roofer and building improvement contractor* V. 52 nº. 10), a expressão “choque térmico” descreve uma situação em que um componente é submetido a uma variação de temperatura de 100°F, ou seja, 37,78° C em poucas horas. Segundo Marin, J (*Mechanical behavior of engineering materials, New Jersey. Prentice Hall*), os materiais que mais resistem aos choques térmicos são aqueles que apresentam boa condutibilidade térmica, baixo coeficiente de dilatação térmica linear, baixo módulo de deformação e elevada resistência ao choque térmico, podendo-se equacionar a resistência ao choque térmico como sendo:

$$R = f \left(\frac{\lambda \cdot f_{ct}}{E \cdot \alpha} \right)$$

Onde:

λ = coeficiente de condutibilidade térmica

f_{ct} = resistência característica a tração

E = modulo de deformação longitudinal

α = coeficiente de dilatação térmica

1.2.3. Fadiga dos Materiais

Em geral alguns materiais sofrem fadiga pela ação de ciclos alternados de carregamento-descarregamento ou solicitações alternadas de tração-compressão seja ela devida ao carregamento, retração do material ou expansão ou variação térmica.

A avaliação do fenômeno de fadiga é feita através de métodos muito sofisticados de cálculo dinâmico e por ensaios dos materiais onde se leva em conta a frequência e a amplitude das tensões solicitantes.

1.2.4. Propriedades higroscópicas dos materiais de construção

A quantidade de água absorvida por um material de construção depende de dois fatores: porosidade e capilaridade. O fator mais importante que rege a variação do teor de umidade dos materiais é a capilaridade. Na secagem de materiais porosos, a capilaridade provoca o aparecimento de forças de

sucção, responsável pela condução de água até a superfície do componente, onde será posteriormente evaporada.

Deverão ser consideradas também que estas forças de sucção são inversamente proporcionais as aberturas de poros; desta maneira, quando dois materiais diferentes são colocados em contato, o material de poros mais fechados, teoricamente absorvera água do material com poros mais abertos. Na prática, os materiais normalmente contêm poros de variadas aberturas, sendo o sentido de percolação da água através dos mesmos determinados pela diferença de teor de umidade dos materiais em contato; variando a sucção por capilaridade com o teor de umidade do material, torna-se extremamente difícil estabelecer-se o sentido da percolação da água entre os materiais.

Se o material poroso é exposto por tempo suficiente a condições constantes de umidade e temperatura, graças ao fenômeno da difusão, seu teor de umidade acabará estabilizando-se; atinge-se então a umidade higroscópica de equilíbrio do material. Esta umidade depende da natureza e quantidade de capilares presentes no material, assim como da temperatura e umidade do meio ambiente. No quadro 3 estão indicados alguns valores de umidade higroscópica de equilíbrio, determinados a partir de experimentos efetuados na Bélgica (*Pfeffermann, O Annales de L'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics, Bruxelles* nº 250).

Quadro 3 - Umidade higroscópica de equilíbrio para alguns materiais de construção

Material	Umidade higroscópica de equilíbrio (%) em função da umidade relativa do ar		
	U.R. = 40%	U.R. = 65%	U.R. = 95%
Madeira	8	12	22
Cerâmica	0	0	1
Concreto normal	3	4	8
Concreto celular	2	3	12
Cortiça	4	12	20

As variações no teor de umidade provocam movimentações de dois tipos: irreversíveis e reversíveis. As movimentações irreversíveis são àquelas que ocorrem geralmente logo após a fabricação do material e originam-se pela perda ou ganho de água até que se atinja a umidade higroscópica de equilíbrio do material fabricado. As movimentações reversíveis ocorrem por variações do teor de umidade do material, ficando delimitadas a um determinado intervalo, mesmo no caso de secar-se ou saturar-se completamente o material.

Para os materiais de contração que apresentam contração inicial por secagem, de forma geral os movimentos irreversíveis são bem superiores aos reversíveis, conforme figura.

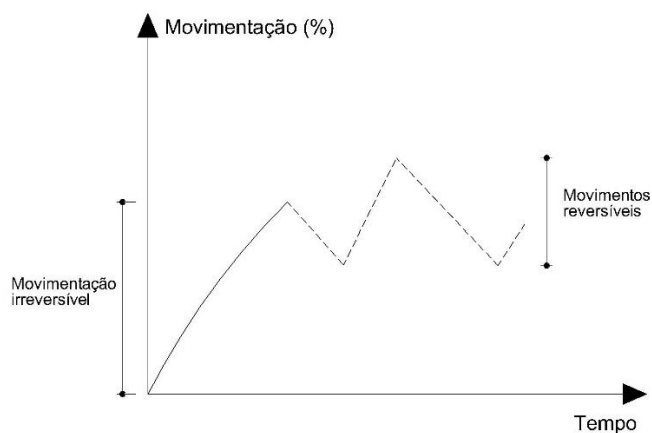


Figura 05 - Gráfico de movimentações para concreto

As movimentações higroscópicas dos produtos a base de cimento ocorrem basicamente em função da qualidade de cimento e dos agregados, da dosagem da mistura e das condições de cura do produto; através dos valores apresentados na tabela abaixo se pode constatar que, para concretos, o processo de cura exerce grande influência nas movimentações originadas por variação de umidade.

Os materiais cerâmicos normalmente apresentam pequenas movimentações reversíveis com variações de umidade e de temperatura. Entretanto pesquisas efetuadas mostraram que expansões irreversíveis de grande intensidade podem ocorrer em cerâmicas, por efeito de umidade. Essas expansões começam a ocorrer imediatamente após a queima do produto e podem processar-se durante longos períodos dependendo fundamentalmente da natureza dos minerais presentes na cerâmica e no tipo de queima.

Quadro 4 - Contração de argamassas e concretos em função do teor de umidade

Material	Contração irreversível (%)	Contração reversível (%)
Argamassa	0,07	0,03
Concreto	0,05	0,03
Concreto celular (cura ao ar)	0,3	0,10
Concreto celular (cura em autoclave)	0,08	0,05

De uma forma geral, os materiais de construção movimentam-se com a variação de teor de umidade (ver quadro 6) que apresentam alguns valores dessas movimentações determinadas pela *Building Research Establishment* e ainda valores de coeficiente de dilatação térmica e módulo de deformação, para diversos materiais de uso corrente na construção civil.

Quadro 5 - Propriedades higrotérmicas de materiais de construção

Material		Coef. de dilatação térmica linear ($^{\circ}\text{C} \cdot 10^{-6}$)	Movim. Devido à umidade (%)		Módulo de deformação (kN/mm^2)
			Reversível	Irreversível (+) Expansão (-) Contração	
<i>Rochas naturais</i>					
Granito		8-10			20-60
Calcário		3-4	0,01		10-80
Arenito		7-12	0,07		3-80
<i>Compostos à base de gesso</i>					
Gesso-estruque		16-18			1,5-4
Placas de gesso		18-21			16
<i>Compostos à base de cimento</i>					
Argamassa		10-13	0,02-0,06	0,04-0,10(-)	20-35
Concreto (seixo rolado)		12-14	0,02-0,06	0,03-0,08(-)	15-36
Concreto (brita)		10-13	0,03-0,10	0,03-0,08(-)	15-36
Concreto celular		8	0,02-0,03	0,07-0,09(-)	1,4-3,2
Cimento com fibra de vidro		7-12	0,15-0,25	0,07(-)	20-34
Cimento - amianto		8-12	0,10-0,25	0,08(-)	14-26
<i>Tijolos ou blocos vazados</i>					
Concreto		6-12	0,02-0,04	0,02-0,06(-)	10-25
Concreto celular		8	0,02-0,03	0,05-0,09(-)	3-8
Sílico-calcário		8-14	0,01-0,05	0,01-0,04(-)	14-18
Barro cozido		5-8	0,02	0,02-0,07(+)	4-26
<i>Madeiras</i>					
Leves	direção das fibras	4-6	0,45-2,0 ⁽¹⁾		5,5-12,5 ⁽²⁾
	transversalmente	30-70	0,6-2,6 ⁽¹⁾		5,5-12,5 ⁽²⁾
Densas	direção das fibras	4-6	0,5-2,5 ⁽¹⁾		7-21 ⁽²⁾
	transversalmente	30-70	0,8-4,0 ⁽¹⁾		7-21 ⁽²⁾
<i>Vidros</i>					
Plano		9-11			70
Alveolado		8,5			5-8

(1) para teores de umidade de 60% e 90%

(2) para teor de umidade de 12%

1.3. FISSURAÇÃO

Para que se consiga identificar com precisão causa(s) e efeito, é necessário desenvolver análises consistentes, que incluam a mais correta determinação da configuração das fissuras, bem como a abertura e a sua variação ao longo do tempo além de sua extensão e da profundidade das mesmas.

As fissuras são classificadas em **Ativas** e **Inativas** (uma fissura é dita ativa, ou viva quando a causa responsável por sua geração ainda atua sobre a estrutura e estas apresentam movimentos especialmente os de variação da abertura e do comprimento, inativa ou estável quando a causa existiu durante certo tempo e deixou de existir e as fissuras não apresentam variação da abertura e de comprimento).

As fissuras se classificam de acordo com a sua abertura, conforme quadro 6.

Quadro 6 - Classificação de aberturas em concreto. (Fonte: Padaratz, Medeiros, 2007)

Tipo de abertura	Tamanho
Fissura Capilar	$\leq 0,2$ mm
Fissura	0,2 a 0,5 mm
Trinca	0,5 a 1,5 mm
Rachadura	1,5 a 5 mm
Fenda	5 a 10 mm
Brecha	≥ 10 mm

1.3.1. Fissuras causadas por deformabilidade excessiva de estruturas de concreto armado

De acordo com a NBR 8802 (1985), dá-se o nome de fissuras ou trincas ao rompimento do material ocorrido sob ações mecânicas (cargas), ou físico químico (temperatura ou retração) podendo conforme a magnitude adquirir outros nomes, como rachaduras, aberturas, gretas ou brechas. As fissuras são identificadas de acordo com suas origens e classificadas segundo o momento em que aparecem no concreto, podendo ser no concreto em estado plástico ou endurecido, ou segundo sua atividade na estrutura.

Para que se consiga identificar com precisão causas e efeito, é necessário desenvolver análises consistentes, que incluam a mais correta determinação da configuração das fissuras, bem como a abertura e a sua variação ao longo do tempo além de sua extensão e da profundidade das mesmas.

As fissuras são classificadas em **ativas** e **inativas** conforme definições a seguir.

Fissura Ativa

São denominadas fissuras ativas ou vivas, aquelas que apresentam movimentos especialmente os de variação de abertura e do comprimento. Neste grupo se incluem as fissuras que, ao longo de sua vida na estrutura danificada, terão sempre movimentos, sem que isso represente, após ser tratada, um perigo a segurança da estrutura.

Fissura Inativa ou Passiva

São denominadas fissuras inativas passivas ou mortas, aquelas que estão estabilizadas, que apresentam o mesmo comprimento e abertura. São fissuras originadas por fatores que, ou já foram eliminados antes da correção, como por exemplo, as devido a problemas estruturais tais como falta de rigidez, má qualidade do concreto ou falta de armadura, ou ainda fissuras de retração plástica do concreto.

1.3.2. Formação de fissuras típicas de movimentações térmicas.

Em geral, as coberturas planas estão mais expostas as mudanças térmicas naturais do que os parâmetros verticais das edificações. Ocorrem, portanto, movimentos diferenciados entre elementos horizontais e verticais. Além disso, podem ser mais intensificados pelas diferenças dos coeficientes de expansão térmica dos materiais construtivos desses componentes. O coeficiente de dilatação térmica linear do concreto é aproximadamente duas vezes maior que o das alvenarias de uso corrente, considerando-se aí a influência das juntas de argamassa.

Deve-se considerar também que ocorrem diferenças significativas de movimentação entre as superfícies superiores e inferiores das lajes de cobertura, sendo que normalmente as superfícies superiores são solicitadas por movimentações mais bruscas e de maior intensidade. Outro aspecto importante a ser levado em conta é que mesmo sombreadas as lajes sofrem os efeitos desses fenômenos: parte da energia calórica absorvida pelas telhas é reirradiada para a laje, além de ocorrer através do ático a transmissão de calor por condução e convecção.

Neste caso, as movimentações térmicas a que serão submetidas as lajes ocorrem em função de diversos outros fatores, tais como: natureza do material que compõe as telhas, altura do colchão de ar presente entre o telhado e a laje de cobertura, intensidade de ventilação e rugosidade das superfícies internas do ático.

Por estas razões, e devido ao fato de que as lajes de cobertura normalmente encontram-se vinculadas as paredes de sustentação, surgem tensões tanto no corpo das paredes quanto nas lajes. Teoricamente as tensões de origem térmicas são nulas nos pontos centrais da laje, crescendo proporcionalmente em direção aos bordos onde atingem seu ponto máximo conforme indicado na figura 6.

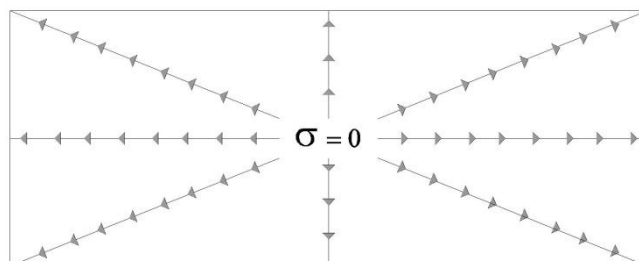


Figura 06 - Representação teórica do fluxo de tensões de origem térmica em uma placa

A dilatação plana das lajes e o abaulamento provocado pelo gradiente de temperaturas ao longo de suas alturas introduzem tensões de tração e de cisalhamento nas paredes das edificações. Conforme se constata na prática, e segundo observações de diversos autores, as trincas se desenvolvem quase que exclusivamente nas paredes, apresentando tipicamente as configurações indicadas nas figuras 7 e 8.

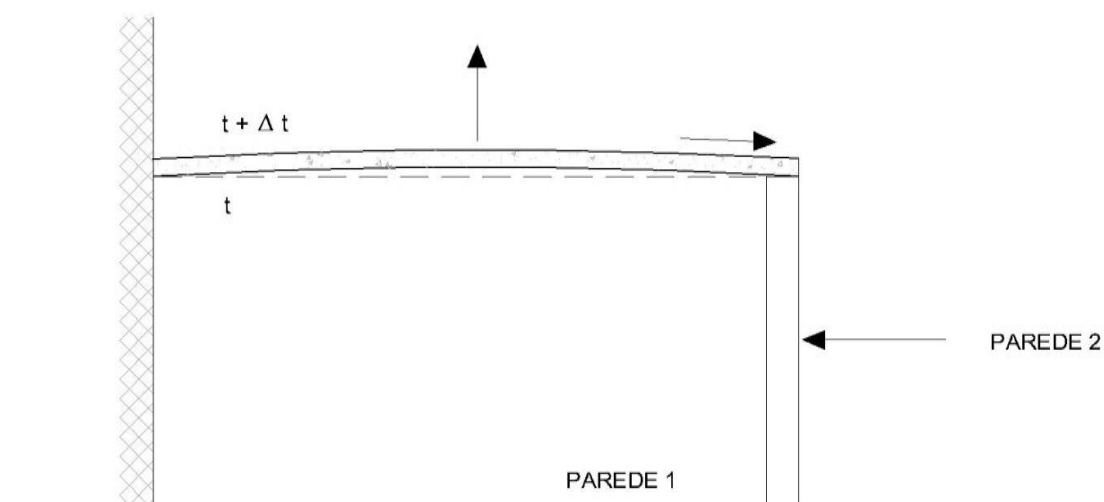


Figura 07 - Representação das tensões sobre as paredes da edificação devido ao abaulamento da laje

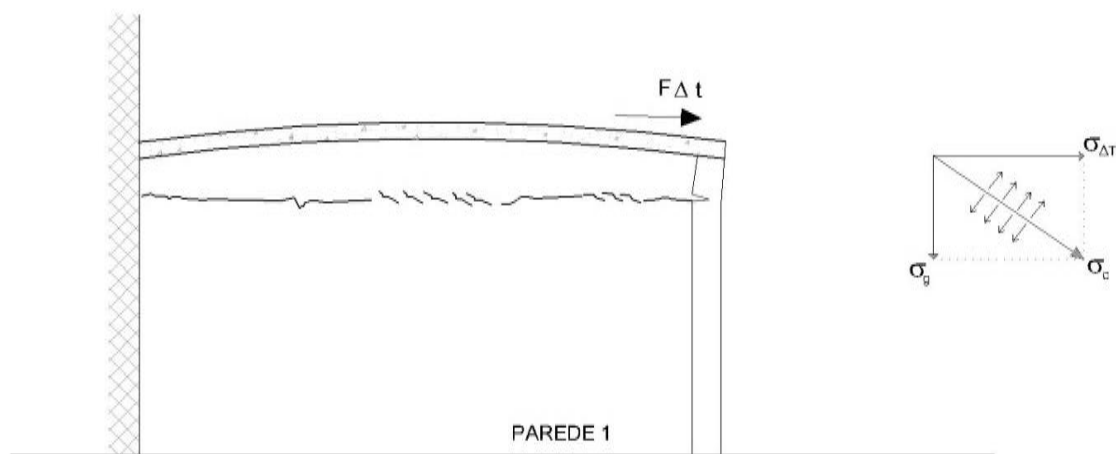


Figura 08 - Representação das trincas nas paredes devido às tensões

Deve-se salientar ainda que, em função das dimensões da laje e da natureza dos materiais que constituem as paredes, nem sempre poder-se-ão observar configurações tão típicas como as apresentadas anteriormente. Na maioria dos casos as fissuras manifestam-se exatamente de acordo com a teoria, conforme ilustrado nas figuras 9 e 11.



Figura 9 - Trinca em parede por ação da temperatura

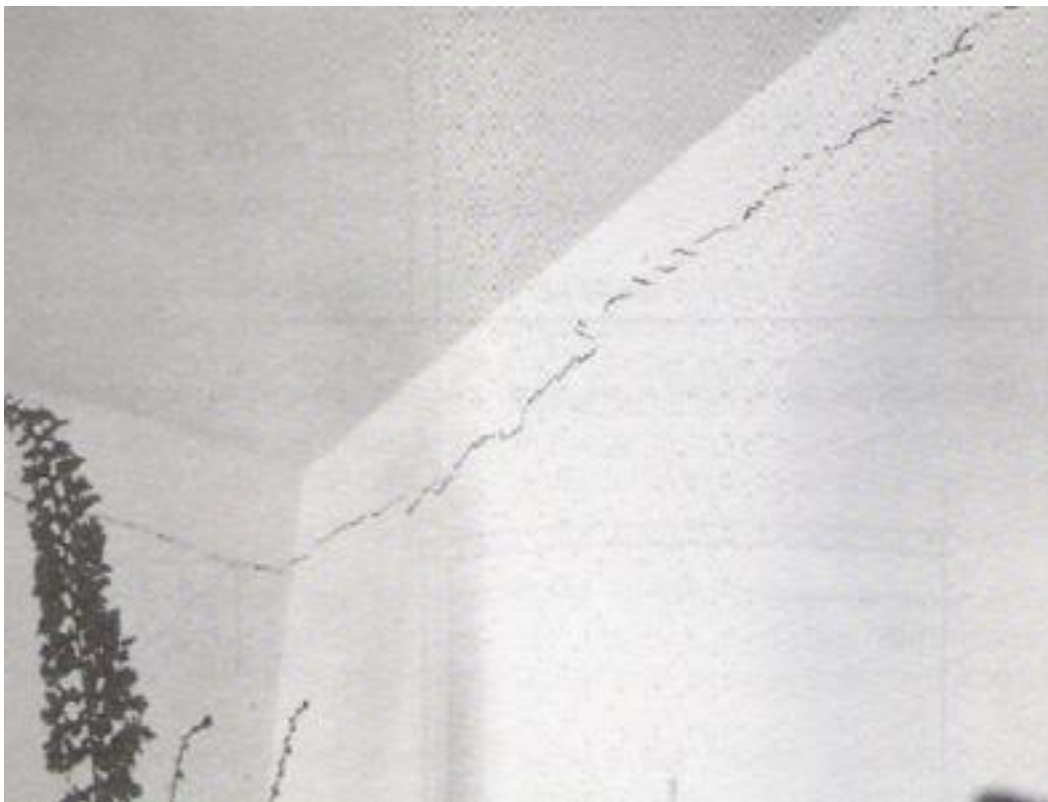


Figura 10 - Trinca em parede por ação da temperatura

A presença de aberturas nas paredes, por outro lado, propiciará o aparecimento de regiões naturalmente enfraquecidas (ao nível de peitoril e de topo de caixilhos, por exemplo), desenvolvendo-se as fissuras preferencialmente nessas regiões. Assim, em função das dimensões da laje, da natureza dos materiais que constituem as paredes do grau de aderência entre paredes e laje e da eventual presença de aberturas, poder-se-ão desenvolver trincas inclinadas próximas ao topo das paredes, conforme ilustrado na figura 11.

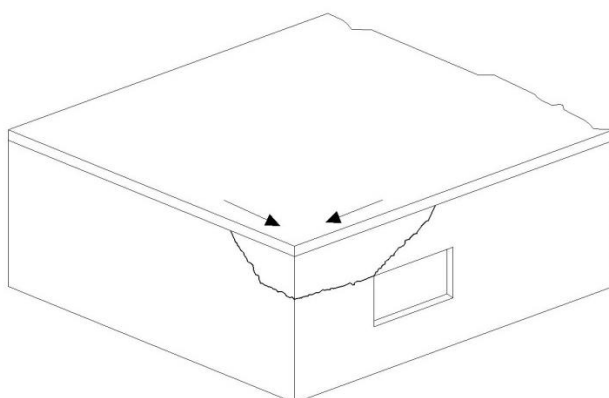


Figura 11 - Trincas inclinadas em encontros de vigas

A exemplo do que foi exposto no item anterior, o arcabouço estrutural da edificação estará sujeito a movimentações térmicas, principalmente em estruturas de concreto aparente. Deve-se salientar que, devido a insolação direta, as temperaturas nas faces das peças de concreto poderão atingir valores da ordem de 80°C.

Estas movimentações raramente causam danos à estrutura em si. Normalmente as regiões mais solicitadas são os encontros entre vigas, onde podem surgir fissuras internas às peças de concreto, e por isso mesmo não detectáveis. A movimentação térmica das vigas pode provocar, contudo, fissuração aparente em pilares. Este fato pode ocorrer principalmente quando a estrutura não possui juntas de dilatações que devem estar no máximo a cada 30 metros ou quando as mesmas forem mal projetadas. A dilatação térmica das vigas pode provocar nas extremidades dos pilares fissuras ligeiramente inclinadas, conforme figura 12.

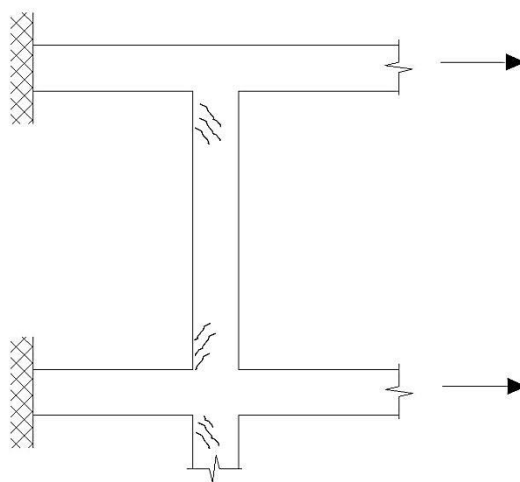


Figura 12 - Fissuras por dilatação térmica das vigas

1.4. RECALQUES DIFERENCIAIS

De acordo com Mello (1975), apenas em argilas de baixa plasticidade o critério de cálculo condicionante é o de ruptura. Já em das argilas de alta plasticidade os recalques acentuam-se passando em geral a ser a ser condicionante o critério de recalques admissíveis. Em siltes e areias, solos com significativos coeficientes de atrito interno, o critério de ruptura só pode ser condicionante se avaliado os efeitos dos recalques na estrutura e o dimensionamento passa a ser, além das cargas normais da estrutura, os gerados pelo recalque das fundações.

A capacidade de carga e a deformabilidade dos solos não são constantes, sendo função dos seguintes fatores mais importantes:

- Tipo e estado do solo (areia nos vários estados de compactidade ou argilas nos vários estados de consistências);
- Disposição do lençol freático;
- Intensidade de carga, tipo de fundação (direta ou profunda) e cota de apoio da fundação;
- Aterros não consolidados, ou mal compactados.

Os solos são constituídos basicamente por partículas sólidas, entremeadas por água, ar e não raras vezes material orgânico. Sob efeito de cargas externas todos os solos, em maior ou menor proporção, se deformam. No caso em que estas deformações sejam diferenciadas ao longo do plano de fundações de uma obra, tensões de grande intensidade serão introduzidas na estrutura, podendo gerar aparecimento de trincas.

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

Denomina-se **consolidação** o fenômeno de mudança de volume do solo por percolação de água presente entre os poros. Para os solos altamente permeáveis como as areias a consolidação e, portanto, os recalques, acontecem em períodos de tempo relativamente curtos após solicitados; já para os solos menos permeáveis, como argilas, a consolidação ocorre de maneira bastante lenta, ao longo de vários anos. Mesmo camadas delgadas de argila entre maciços rochosos estão sujeitas a este fenômeno.

Para fundações profundas onde até bem pouco tempo supunha-se não serem importantes os recalques diferenciados, a prática vem demonstrando que existem situações particularmente desfavoráveis, onde podem ocorrer recalques bastante significativos.

Outro fator importante que regula o comportamento das fundações profundas é o atrito negativo. Nas construções que se assentam sobre seções mistas de corte e aterro, este fenômeno pode dar origem a recalques diferenciados de considerável intensidade. Quando as estacas atravessam uma camada de solo em vias de adensamento e se apóiam em terrenos subjacentes pouco compressíveis, elas irão recebendo, à medida que se processa o recalque daquele solo, um acréscimo de carga proveniente do peso do solo em movimento descendente, traduzido por tensões de atrito ao longo das paredes da estaca conforme figura 13.

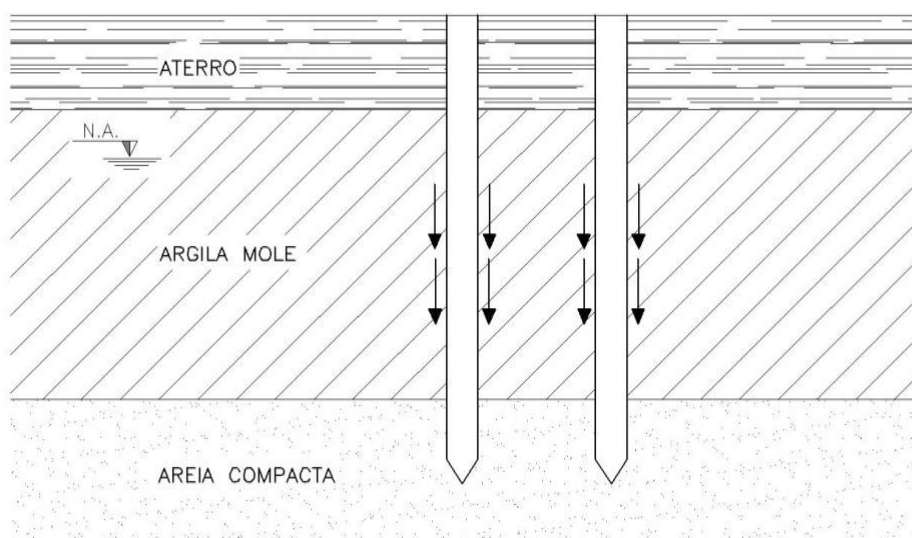


Figura 13 - Atrito negativo em estacas por amolgamento da camada de argila

O adensamento da camada de argila pode provir, além do lançamento de aterros, de outras fontes: construções de novos edifícios adjacentes a estacaria e apoiados em fundações rasas, acréscimos de pressões efetivas devido a um rebaixamento de lençol freático, etc. Convém frisar ainda que mesmo sem qualquer desses carregamentos externos, o simples amolgamento provocado pela própria cravação das estacas pode ser responsável pelo atrito negativo visto que as argilas pouco consistentes tornam a adensar sob seu peso próprio após amalgamadas.

A existência de camadas profundas constituídas por argilas compressíveis, os recalques por adensamento dessas camadas poderão ser estimados pela teoria clássica de Terzaghi, conforme exposto por Vargas (1976).

1.4.1. Configurações típicas de trincas causadas por recalque de fundação

De maneira geral, as fissuras provocadas por recalques diferenciados são inclinadas, confundindo-se às vezes com as fissuras provocadas por deflexão de componentes estruturais. Com relação às fissuras de recalque estas apresentam aberturas maiores deitando-se em direção ao ponto onde ocorreu o maior recalque. Outra característica das fissuras provocadas por recalques é a presença de esmagamentos localizados, em forma de escamas dando indícios das tensões de cisalhamento que as provocam; além disso, quando os recalques são acentuados, observa-se nitidamente uma variação na abertura da fissura que é mais significativa na parte superior e vem decrescendo a medida que se aproxima da parte inferior, como visto nas figuras 14 e 15.

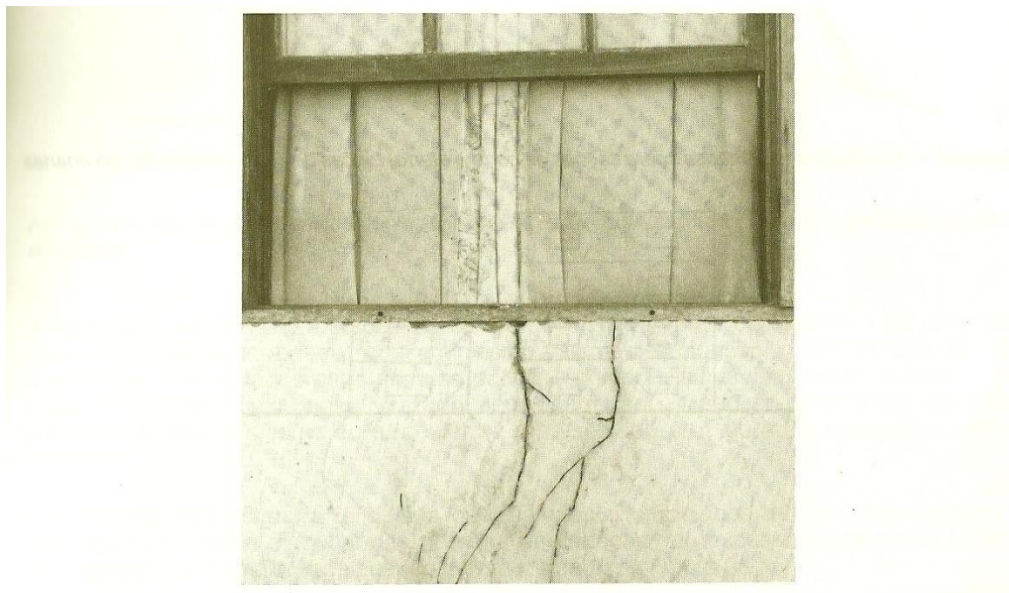


Figura 14 - Fissuras em alvenaria devido a recalque diferencial das fundações

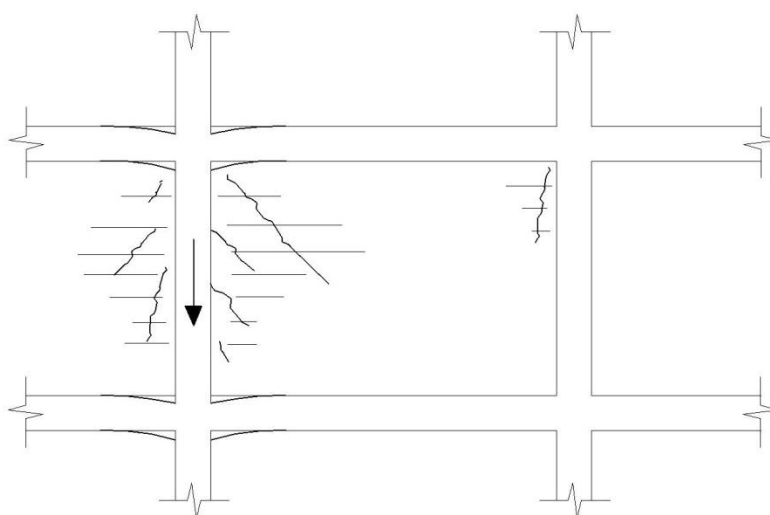


Figura 15 - Fissuras em alvenaria devido a recalque diferencial das fundações

A construção de edifícios ou residências dotadas de um corpo principal (mais carregado) e de um corpo secundário (menos carregado), com um mesmo sistema de fundação, invariavelmente conduz a recalques diferenciados entre as duas partes, surgindo fissuras verticais entre elas e, não raras vezes, fissuras inclinadas no corpo menos carregado. A adoção de sistemas diferentes de fundação numa mesma obra, conforme representado na figura 16 provoca o mesmo problema e de forma mais acentuada.

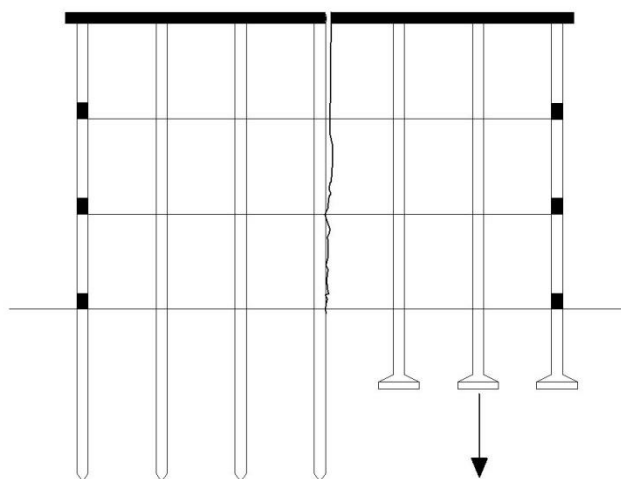


Figura 16 - Diferentes sistemas de fundação em uma mesma construção

As variações de umidade do solo, principalmente no caso de argilas, provocam alterações volumétricas e variações no seu módulo de deformação, com possibilidade de ocorrência de recalques localizados, estes recalques, bastante comuns por causa de saturação do solo pela penetração da água de chuva nas vizinhanças da fundação. Além das fissurações anteriormente tipificadas, recalques diferenciados poderão provocar fissuras com outras configurações, em função de diversas variáveis: geometria das edificações e/ou do componente, tamanho e localização de aberturas, grau de enrijecimento da construção, falta de vergas e contravergas, eventual presença de juntas na edificação, etc.

Como regra geral, as aberturas das fissuras provocadas por recalques serão diretamente proporcionais a sua intensidade: a estruturação da edificação e todas as demais condições de contorno, entretanto tem influência direta na dimensão da fissura e na extensão do problema.

1.4.2. Classificação dos Solos

a) **Siltes:** Solo que apresenta baixa ou nenhuma plasticidade e que exibe baixa resistência quando seco ao ar (mostram apenas a coesão* necessária para formar, quando secos, torrões facilmente desagregáveis pelos dedos). Suas propriedades dominantes são devidas à parte constituída pela fração silte, que é formada por partículas com diâmetros entre 0,002 mm e 0,06 mm. Caracterizam-se pela textura e compacidade. *Coesão* é a parcela de resistência ao cisalhamento de um solo, independente da tensão efetiva normal atuante, provocada pela atração físico-química entre partículas ou pela cimentação destas. A coesão é tanto maior quanto menores forem os diâmetros das partículas e maior o seu grau de “achatamento”. Em linguagem popular, é o “grudar” ou “colar” entre partículas. Observe que só existe coesão (entre partículas muito pequenas) havendo água, que muita água diminui a coesão e pouca água a aumenta.

b) **Argilas:** Solos de granulação fina constituída principalmente por partículas com dimensões

menores que 0,002 mm, apresentando coesão e plasticidade. Suas propriedades dominantes são devidas à parte constituída pela fração argila. Quando suficientemente úmidas, moldam-se facilmente e secas formam torrões de difícil desagregação pelos dedos. Caracterizam-se por sua plasticidade, textura, sensibilidade e consistência em sua umidade natural.

c) **Turfa:** Solo com grande porcentagem de partículas fibrosas e matéria orgânica no estado coloidal, com coloração marrom escura a preta. É um material mole, altamente compressível, não plástico, combustível, e com cheiro característico.

Quanto à plasticidade (facilidade em ser moldada por pressão externa sem alteração de volume), as argilas podem ser gordas (muito plásticas) ou magras (pouco plásticas). Sua textura é analisada no ensaio de granulometria, na fase de sedimentação.

Quanto à consistência, podem ser quantitativamente definidas conforme o *Índice de Consistência*. A consistência difere para cada solo, mas depende muito do teor de umidade. Qualitativamente, a consistência de uma argila é avaliada como:

- a) Muito mole, se escorre entre os dedos, quando apertada nas mãos;
- b) Mole, se pode ser facilmente moldada pelos dedos;
- c) Média, se pode ser moldada pelos dedos;
- d) Rija, se requer grande esforço para ser moldada pelos dedos;
- e) Dura, se não pode ser moldada, e quando submetida à grande esforço os torrões se desagregam.

Argilas com grande volume de vazios, cujos poros estejam parcialmente cheios de ar, recebem ainda a complementação “porosa”.

Os solos devem ser designados pelo nome do tipo de sua fração granulométrica seja mais ativa, seguida dos adjetivos referentes às frações que influenciam seu comportamento. A figura nº 17 nos da noção comparativa entre os solos.



Figura 17 - Amostras comparativas entre tipos de solos

1.5. REBAIXAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO

Fenômeno de adensamento do terreno pela diminuição da pressão neutra do subsolo. Ocorre variação das pressões geostáticas, independente da aplicação de carregamentos externos.

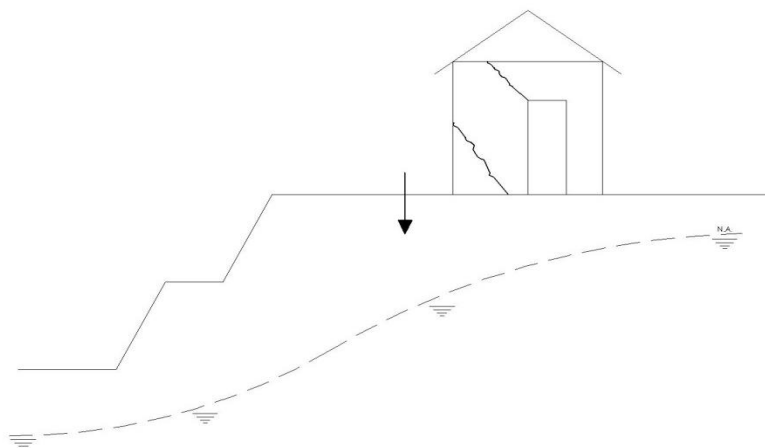


Figura 18 - Recalque diferenciado por rebaixamento do lençol freático

O recalque diferencial é o problema mais comum nas fundações. As fundações são calculadas como se as cargas e a resistência do terreno fossem uniformes, quando na realidade isso raramente

acontece. Em função da não uniformidade das cargas e do terreno, ocorrem os recalques diferenciais nas fundações com o aparecimento de rachaduras no prédio. As fissuras geralmente são bem mais largas na parte superior do prédio, sendo possível em alguns casos, que a viga de fundação não mostre lesão alguma visível a olho nu. As fissuras costumam aparecer quando o desnível entre os apoios atinge 1/500 a 1/1000 do vão livre. As fissuras nas alvenarias aparecem inicialmente nas zonas tracionadas, podendo, entretanto, surgirem lesões nas zonas comprimidas em casos mais graves. Havendo aberturas nas paredes, elas orientam a fissuração. A tendência de uma parede contínua sobre um cedimento central é formar uma parábola abatida.

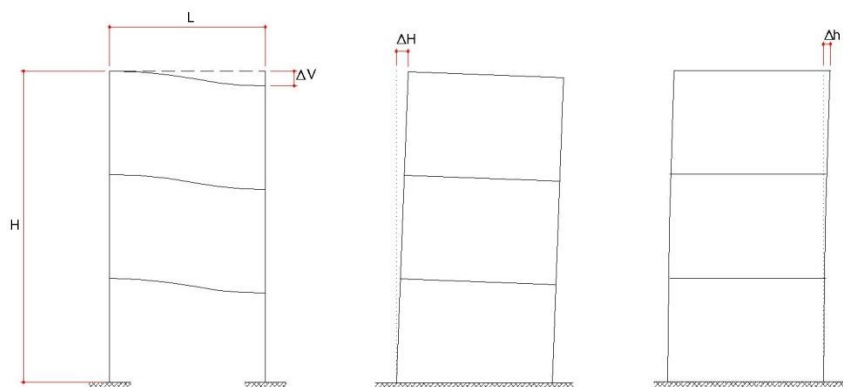


Figura 19 - Distorções angulares em estrutura reticulada

Quadro 7 - Flechas máximas admissíveis em elementos de edifícios

Natureza do componente		$f_{c,máx}$
Alvenaria ou painéis pré-fabricados apoiados sobre viga ou laje.	parede com aberturas	1/1000
	parede sem aberturas	1/500
	parede com aberturas, com detalhes apropriados	1/500
Caixilhos envidraçados sob viga ou laje	sem possibilidade de movimento	1/1000
	com possibilidade de movimento	1/500
Revestimento de piso assentado sobre laje	piso rígido (cerâmica, etc.)	1/500
	piso flexível (carpete, etc.)	1/250
Revestimento de forro	argamassa rígida	1/350
	revestimento flexível, forro falso	1/250
Lajes de cobertura		1/250
Vigas suportando pontes rolantes		1/500

1.6. PREVISÃO DE VIDA ÚTIL

As estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto conserve sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente a sua vida útil.

Por vida útil de projeto entende-se 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 de reparos necessários e decorrentes de danos acidentais (NBR 6118 item 6.2). A durabilidade das estruturas de concreto requer cooperação e esforços coordenados de todos os envolvidos nos processos de projeto, construção e utilização, devendo como mínimo, ser seguido o que estabelece a NRR 12655, sendo também estabelecidas as disposições de da NBR 6118 item 25.4 com relação às condições de uso, inspeção e manutenção. Os elementos que compõem uma edificação devem ser projetados e executados para atender conforme o quadro 8 abaixo da NBR 15575. Atualmente os projetos devem registrar qual o tempo mínimo de vida útil prevista (VUP). Caso não o façam, prevalece o mínimo conforme abaixo.

Quadro 8 – Vida útil prevista

Sistema	VUP mínima
Estrutura	≥ 50 anos
Pisos internos	≥ 13 anos
Vedação vertical externa	≥ 40 anos
Vedação vertical interna	≥ 20 anos
Cobertura	≥ 20 anos
Hidros sanitário	≥ 20 anos
<i>Considerando periodicidade e processos de manutenção segundo a ABNT NBR 15575 e especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção entregue ao usuário elaborado em atendimento à ABNT NBR 14037.</i>	

1.6.1. Mecanismos preponderantes de deterioração relativos ao concreto

- a) Lixiviação: por ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas que dissolvem e carreiam os compostos hidratados da pasta de cimento;
- b) Expansão por ação de águas e solos que contenham ou estejam contaminados com sulfato, dando origem a reações expansivas e deletérias com a pasta de cimento hidratado;
- c) Expansão por ação das reações entre os álcalis de cimento e certos agregados reativos;
- d) Reações deletérias superficiais de certos agregados decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presente na sua constituição mineralógica;
- e) Carbonatação;
- f) Segregação;
- g) Corrosão;

a) Lixiviação

A lixiviação é o processo de perda de cálcio da massa de concreto em virtude da percolação de água através de seu interior. Esta produz o aumento da porosidade e diminuição do PH no interior do concreto. No caso de lixiviação do concreto, ocorre a dissolução e o arraste do hidróxido de cálcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ da massa endurecida pela ação do fluxo contínuo da água através da estrutura do material. O potencial hidrogeniônico (pH) do concreto é diminuído, dando lugar a decomposição de outros hidratos, aumentando sua porosidade e facilitando a desintegração. Surgem como resultado da lixiviação as formações de estalactites e estalagmites. Se a massa de concreto ficar permanentemente saturada não haverá risco de corrosão das armaduras. Todavia, se ocorrerem períodos de secagem, a corrosão poderá se instalar e progredir. A figura 20 mostra de forma simples o mecanismo de lixiviação.

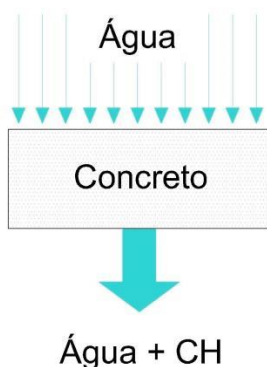
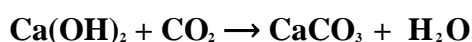


Figura 20 – Mecanismo de lixiviação

b) Carbonatação

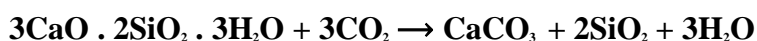
O anidrido carbônico da atmosfera apresenta uma tendência notável para se combinar com as bases do cimento hidratado, resultando compostos com pH mais reduzido.

A ação do CO₂ sobre os constituintes do cimento hidratado é muito complexa, pois não se limita ao hidróxido de cálcio, mas ataca e decompõe todos os produtos da hidratação do cimento. O concreto é um material poroso e o CO₂ do ar pode penetrar para seu interior via poros. A mais simples reação, e também a mais importante, é a clássica combinação com o hidróxido de cálcio liberado pela hidratação dos componentes do cimento:

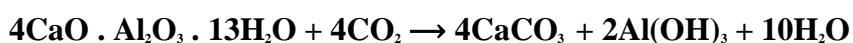


O concreto possui um pH da ordem de 12,5 devido principalmente ao Ca(OH)₂. O desaparecimento do hidróxido de cálcio do interior dos poros da pasta de cimento hidratado e sua transformação em carbonato de cálcio do interior dos poros da pasta de cimento hidratado e sua transformação em carbonato de cálcio mais água faz baixar o pH da solução de equilíbrio de 12,5 para 9,4, que é o pH que precipita este composto.

Os silicatos de cálcio hidratados também podem decompor-se pela ação do anidrido carbônico. Se a reação for realizada totalmente obter-se-ão, no limite, precipitados de sílica-gel e de carbonato de cálcio:



Do mesmo modo, para os aluminatos de cálcio hidratado, se a reação fosse levada até o fim, também se obteriam precipitados de alumina-gel e de carbonato de cálcio:



O CO₂ penetra da superfície para o interior. Logo a carbonatação começa da superfície do concreto e penetra lentamente para seu interior. Estudos alemães têm mostrado que a perda de alcalinidade prossegue com uma velocidade de 1 a 3 milímetros ao ano (Lindberg, B).

A velocidade do processo de carbonatação é função da difusão do CO₂ no concreto, umidade relativa (UR), tempo, relação a/c, tipo de cimento, permeabilidade do concreto e cura. Logo, a ação do anidrido carbônico depende da temperatura, da umidade relativa do meio e do teor de água do concreto. O grau de carbonatação máximo se produz a uma umidade relativa de 60%, enquanto em um ambiente seco ou saturado temos uma carbonatação de apenas 20% desse máximo conforme figura 21.

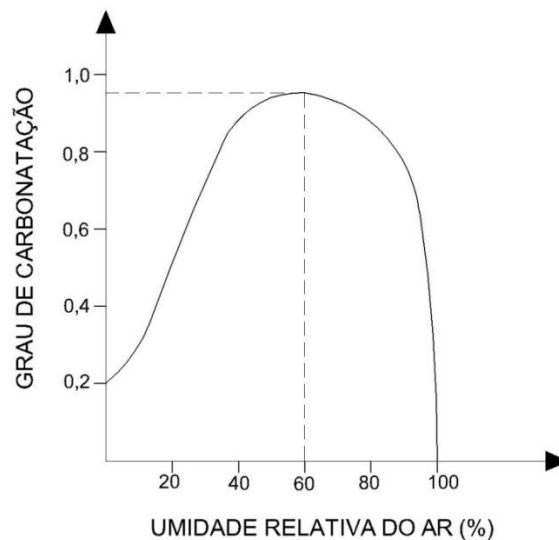


Figura 21 - Grau de carbonatação em função da umidade relativa do ar

Se o concreto tem todos os seus poros cheios de água, o gás carbônico não pode penetrar e difundir-se. O concreto úmido é praticamente impermeável ao CO_2 pois o gás é pouco solúvel na água e as dimensões das moléculas são da ordem de grandeza das da água. Inversamente, se todos os seus poros estão secos, o gás carbônico, muito seco, não pode ionizar-se ou só muito dificilmente o fará, de modo que a carbonatação será realizada muito lentamente.

Inicialmente, a profundidade de carbonatação poderá variar linearmente com o tempo, mas o processo à medida que avança é dificultado devido a hidratação do cimento. Disto resulta uma redução da permeabilidade do concreto, e conseqüentemente diminui a velocidade de saída da água, aumentando concomitantemente a dificuldade de penetração do CO_2 . A diminuição da porosidade por carbonatação acompanha-se por aumento de compacidade, e o anidrido carbônico cada vez tem mais dificuldade em progredir no interior do concreto, enquanto, por outro lado, a água liberada pela carbonatação tem cada vez mais dificuldade em se escapar. Nesta fase, a profundidade de carbonatação (d) deixa de ser função linear do tempo (t) conforme equação abaixo.

$$d = K\sqrt{t} + a$$

onde **K** e **a** são parâmetros que variam com o teor e tipo de cimento, umidade relativa, permeabilidade do concreto, etc., sendo **K** expresso em $\text{mm/ano}^{-1/2}$ e **a** em mm.

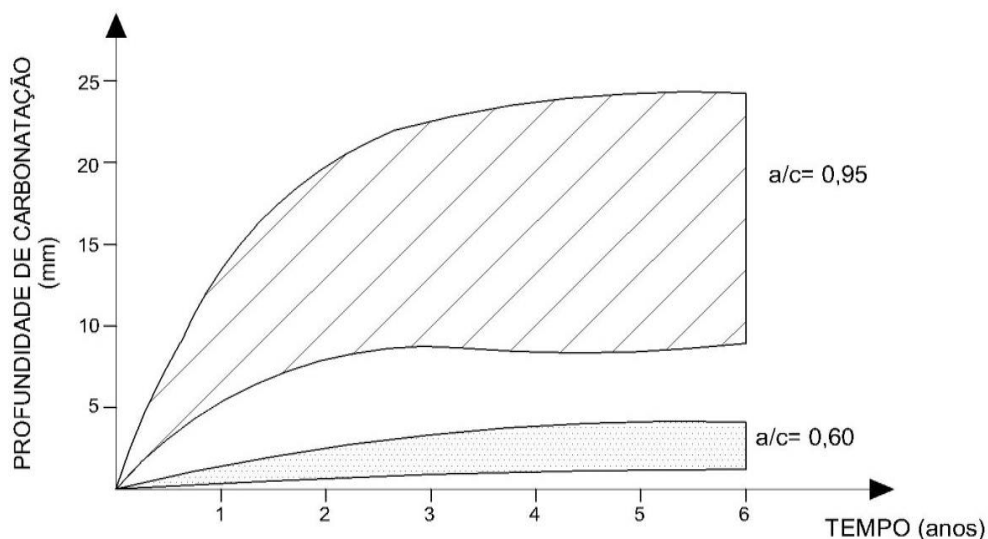


Figura 22 - Profundidade de carbonatação em função do tempo e relação água/cimento

A medida que se aumenta a relação água/cimento, a permeabilidade e a profundidade de carbonatação aumentam conforme a figura 23.

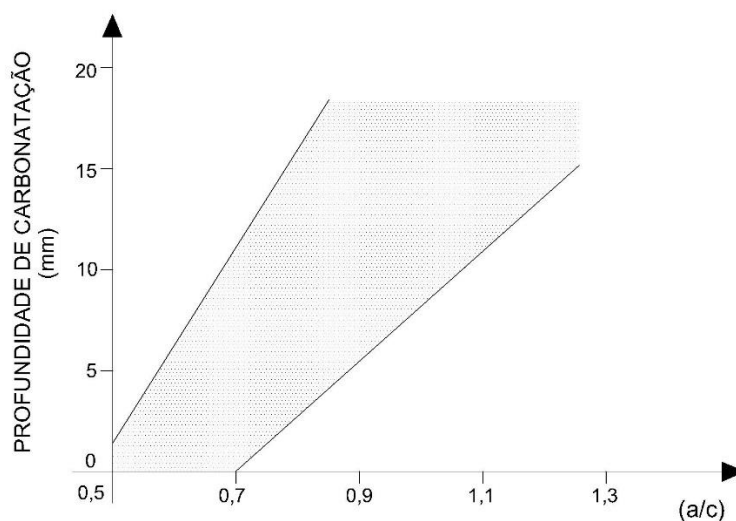


Figura 23 - Profundidade de carbonatação em função da relação água/cimento

Em concreto de baixa permeabilidade a taxa de carbonatação será menor que um de alta permeabilidade. A profundidade de carbonatação em um concreto de 40 Mpa será de 5 mm aos 4 anos e de 10 mm aos 16 anos, para profundidades de 5 a 10 mm, respectivamente. O tipo de cimento mais efetivo para resistir a carbonatação é o cimento Portland comum; os resistentes a sulfatos têm 50% a menos de resistência e os AF até 200% menos. Cimentos mais finos diminuem a capacidade de carbonatação.

A cura tem grande influência na velocidade de carbonatação. Cura mal feita gera fissuras e com

isto facilita a entrada de CO_2 no concreto, aumentando assim a profundidade de carbonatação. Quando a umidade da superfície do concreto é mais elevada, os poros estão preenchidos com água e com isto impedem a penetração do CO_2 . Em estudo sobre a influência do regime de cura na carbonatação do concreto, verificou-se que a taxa decresce com um aumento no período de cura em água. Prismas de concreto curado em água por um período 1, 3, 5, 7 e 28 dias apresentam taxas de carbonatação de 66, 53, 42, 39, e 17%, respectivamente, daqueles prismas curados ao ar por 28 dias.

As profundidades de carbonatação são tanto maiores quanto mais curto for o período de cura, conforme figura 24.

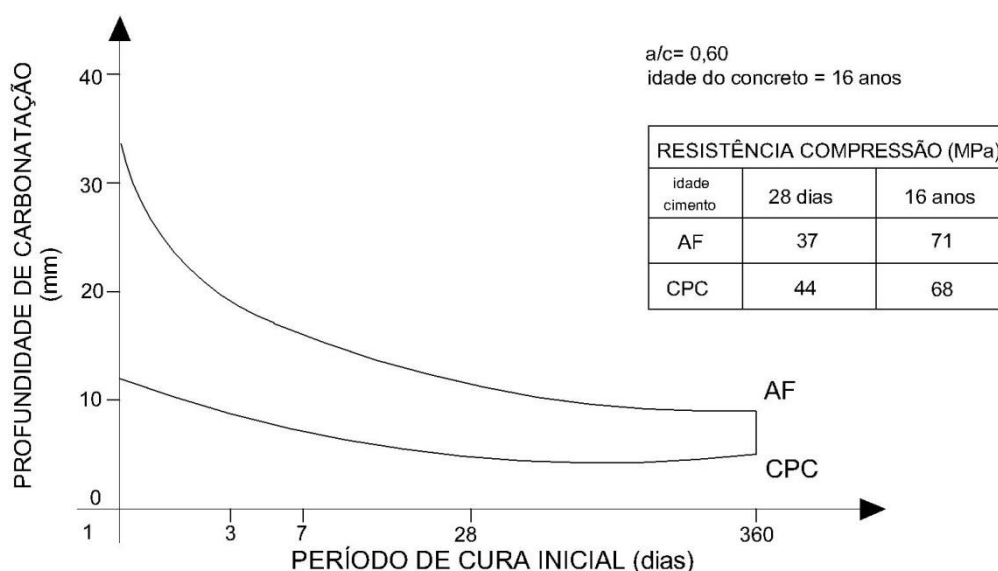


Figura 24 - Profundidade de carbonatação em função do período de cura inicial

AF = Cimento Portland de Alto Forno com 70% de escoria granulada

CPC = Cimento Portland Comum

O teor de cimento e tipo de cura influem na profundidade de carbonatação. Teores mais elevados de cimento e cura com névoa ou lamina d'água (ideal), apresentam menores profundidades de carbonatação. A figura nº 25 mostra a diferença de profundidade de carbonatação frente à cura úmida e ar e o aumento do teor de cimento.

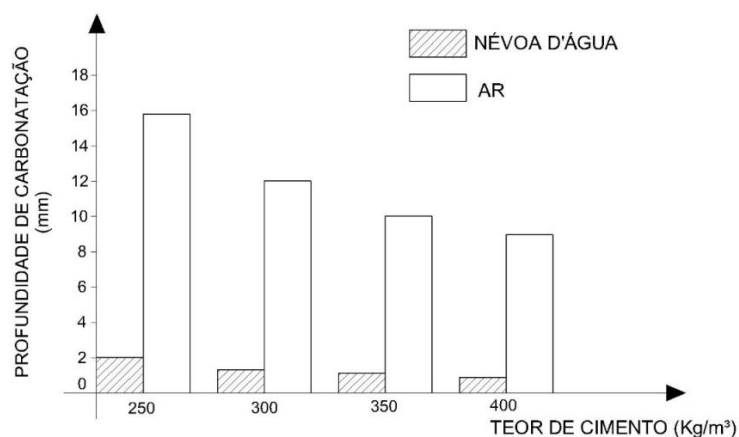


Figura 25 - Profundidade de carbonatação em função do teor de cimento e tipo de cura

Pinturas com resinas epóxi, poliuretano ou microconcretos sobre as superfícies do concreto reduzem a retração por carbonatação e secagem e conseqüentemente reduzem tensões superficiais e possíveis fissurações na superfície. Duas ou três demãos ou 0,2 mm de aplicação de micro concreto podem prevenir eficientemente a carbonatação, conforme mostra a figura 26.

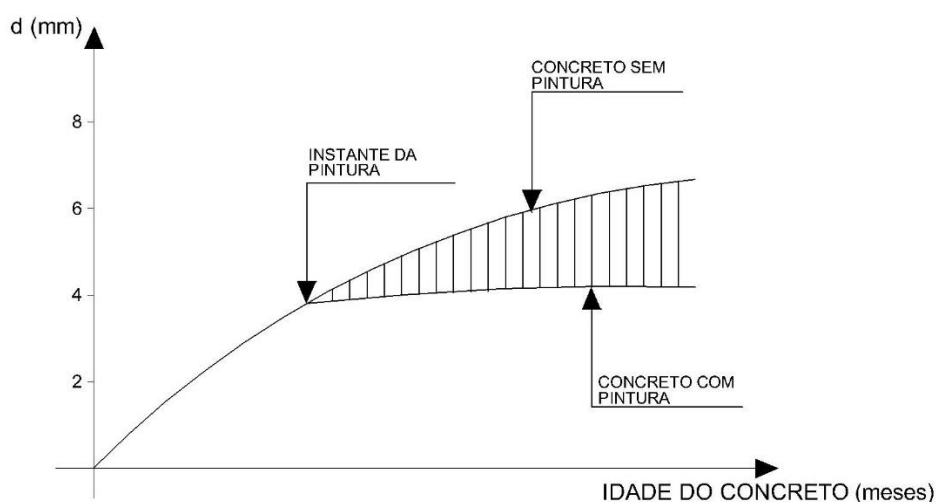


Figura 26 - Profundidade de carbonatação em função da idade do concreto e presença ou não de pintura protetora

As reações de hidratação do cimento Portland produzem principalmente cristais C-S-H (silicato de cálcio hidratado), duros, resistentes e insolúveis na presença de água. Produzem também cristais de Ca(OH)_2 e Mg(OH)_2 , cal hidratada/hidróxidos de cálcio e de magnésio, estes parcialmente solúveis em água, principalmente no caso de água corrente. Ao processo de dissolução e transporte da cal hidratada dá-se o nome de lixiviação. A lixiviação é nociva ao concreto por várias razões: com a remoção de sólidos, ocorre redução na resistência mecânica do material e abre-se caminho para a entrada de gases e líquidos agressivos às armaduras e ao próprio concreto, além da penetração de água e oxigênio que

normalmente redonda na corrosão de armaduras em peças de concreto armado ou concreto protendido. O concreto produzido com cimento Portland comum é um material bastante alcalino. Logo após a produção, apresenta pH em torno de 11 ou 12, situação que não favorece o desencadeamento de reações de corrosão nas armaduras, salvo no caso de ataque por cloretos. Nessas condições, diz-se que as armaduras encontram-se passivadas, com importante depósito sobre suas superfícies de hidróxidos de sódio, potássio e, principalmente, cálcio e magnésio.

O ar que respiramos é composto por diversos gases, ou seja, nitrogênio, oxigênio, gás carbônico e outros em menor proporção. Com a penetração de ar nos poros do concreto, através de fissuras ou nos espaços oriundos da lixiviação de cal hidratada, ocorre contato do CO_2 do ar com Ca(OH)_2 e Mg(OH)_2 . Em meio úmido, ocorrem reações químicas que darão origem a carbonato de cálcio - CaCO_3 e a carbonato de magnésio - MgCO_3 . A transformação dos hidróxidos em carbonatos recebe o nome de carbonatação. A carbonatação redonda em acentuada queda no pH do concreto, com conseqüente redução na proteção das armaduras. A velocidade de carbonatação depende principalmente da temperatura e umidade relativa do ar, porosidade e incidência de fissuras ou lixiviação no concreto, tipo de meio ambiente/teor de CO_2 do ar. Como as reações de carbonatação dependem da presença de água e de oxigênio, a frente de carbonatação avançará com maior velocidade nos casos em que os poros possam estar parcialmente ocupados por ar e parcialmente por água, verificando-se os casos mais graves para umidade relativa do ar da ordem de 50% a 60%. A lixiviação e a carbonatação podem ser controladas, ou minimizadas, por meio de vários recursos, sendo os principais a boa dosagem do concreto (com o melhor empacotamento e a menor relação água-cimento possíveis), o bom adensamento e o adequado processo de cura. Influem ainda o tipo de cimento, o teor de C3S e de C2S na composição química do cimento, a presença de adições e aditivos, a possibilidade de proteção superficial das peças etc.

c) Segregação

A **segregação** é um processo que ocorre no **concreto** onde depois cura o mesmo tem concentração de agregados graúdos em algumas partes da peça e concentração massa em outras.

Consiste na separação dos materiais componentes. Ocorre com misturas de **concreto** por excesso de vibração durante o adensamento ou lançamento em alturas elevadas, com o conseqüente aparecimento de ninhos ou bicheiras, que o adensamento não conseguirá eliminar. Fato que também ocorre com misturas de concreto por excesso de vibração durante o adensamento

Para evitá-las, o importante é que a equipe de obra saiba montá-las, assegurando a estanqueidade. No lançamento do **concreto** de alturas a partir de 1,50 m, a ação deve ser particularmente criteriosa, caso

contrário, os agregados graúdos, mais pesados, podem se instalar no fundo da fôrma, separados da argamassa.

O **concreto** preparado na obra **deve ser lançado** logo após o amassamento, não sendo permitido intervalo superior a 1 hora após o preparo. No **concreto** bombeado, o tamanho máximo dos agregados não **deve ser** superior a 1/3 do diâmetro do tubo no caso de brita 2

Dependendo do número e dos locais onde se encontram, os vazios de concretagem podem levar a deformações da estrutura e até mesmo a ruína. “O tratamento de cada bicheira na obra é fundamental para garantir a segurança da estrutura, pois, além da redução de seção de uma peça, o concreto que falta na região da bicheira deixa de proteger o aço, suscetível à corrosão conforme demonstramos no item (d) a seguir,

De acordo com a engenharia, dependendo do tamanho das bicheiras e da complexidade da peça concretada, pode-se até exigir a sua reconstrução. Em casos menos complexos, é possível intervir e recuperar, realizando a preparação da área de aderência e aplicar um micro concreto ou argamassa com características mecânicas semelhantes às do original.

O mais importante, no entanto, é a execução. “É essencial retirar todo o material segregado, limpar e empregar produto específico, o que vai permitir a aderência do novo concreto ao antigo”



Figura 27 - Exemplo de Segregação

d) Corrosão

Todo problema patológico, chamado em linguagem jurídica de vício oculto ou vício de construção, ocorre a partir de um processo de um mecanismo de deterioração.

O concreto normalmente proporciona uma excelente proteção contra a corrosão do aço. A alta alcalinidade da solução dos poros do concreto $\text{PH} > 12,5$, a qual circunda o aço, resulta na formação, sobre a superfície deste, de uma película ou capa passivadora. Esta película passivante caracteriza-se por ser constituída de óxidos (na maioria das vezes) de espessura da ordem de $0,4 \text{ \AA}$, baixa condutividade iônica (para evitar a reação de corrosão), baixa solubilidade, boa aderência ao aço largo espectro de potenciais no qual permanece estável (ela só é estável quimicamente em meio alcalino).

Quando o pH cai abaixo de 11 (carbonatação) ou em presença de cloretos, esta película pode ser destruída. O aço é dito passivo, quando ele resiste substancialmente à corrosão, em um meio onde existe uma grande tendência termodinâmica para a passagem do estado metálico para o iônico. A figura 31 mostra a relação entre o pH e o potencial de corrosão do ferro no concreto que pode variar de $+0,1 \text{ V}$ a $-0,4 \text{ V}$ segundo a permeabilidade e as características do concreto, para temperaturas de 25°C .

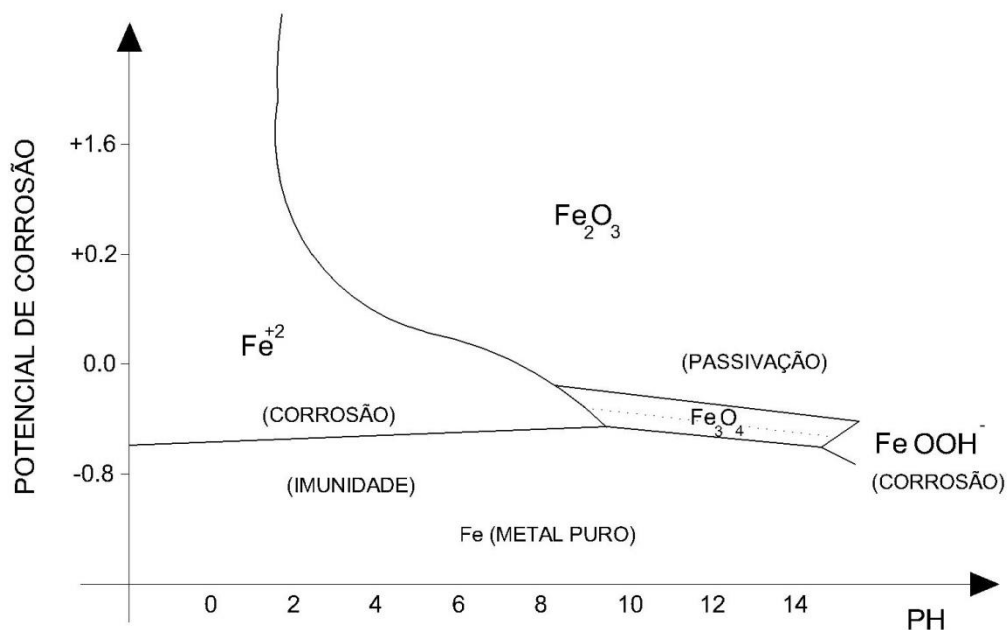


Figura 28 - Potencial de corrosão em função do pH.

Além da formação da película microscópica passivante, o concreto pode ser proporcionado para ter uma baixa permeabilidade, a qual minimiza a penetração de substâncias que induzem a corrosão. A baixa permeabilidade também aumenta a resistividade elétrica do concreto, a qual impede o fluxo das

correntes corrosivas eletroquímicas.

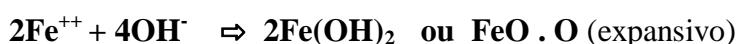
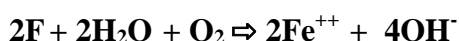
Por causa desta proteção inerente, a corrosão de aço não ocorre na maioria dos elementos de concreto ou estruturas. A corrosão do aço, contudo, pode ocorrer se o concreto não é de qualidade adequada, a estrutura não foi corretamente projetada para o meio ambiente no qual ela está inserida, ou o meio não foi bem caracterizado ou mudou durante a vida útil da estrutura de concreto.

Por exemplo, a corrosão de armaduras no concreto armado é um fenômeno de natureza eletrolítica, que pode ser acelerado pela presença de agentes agressivos externos, do meio ambiente, ou internos, incorporados ao concreto. Para que a corrosão de armaduras se manifeste é necessário que haja oxigênio (ar), umidade (água) e o estabelecimento de uma célula de corrosão eletrolítica (heterogeneidade da estrutura), que só ocorre após a despassivação da armadura, conforme figura nº 29, independente da presença de substâncias agressivas. Na pasta de cimento ocorre passagem de corrente elétrica (na região de interface), difusão de oxigênio e outras substâncias agressivas oriundas do meio, e transporte dos produtos de corrosão da barra de aço. Quando a armadura está despassivada, forma-se uma pilha ou célula de corrosão. Como qualquer outra célula, há um ânodo, um cátodo, um condutor metálico, e um eletrólito. Qualquer diferença de potencial entre as zonas anódicas e catódicas acarreta o aparecimento de corrente elétrica. Dependendo da magnitude dessa corrente e do acesso de oxigênio, poderá ou não haver a corrosão.

No ânodo tem-se a dissolução do ferro, e os íons carregados positivamente passam para a solução ($2\text{Fe} \Rightarrow 2\text{Fe}^{+2} + 4\text{e}^-$). Já no cátodo tem-se:



Reações de corrosão com formação de ferrugem, são



Quando a corrosão começa, inicia-se a formação de óxidos e hidróxidos cujos volumes são da ordem de 3 a 10 vezes o volume inicial do aço da armadura, podendo exercer tensões de expansão maior que 15 MPa.

Os fatores que exercem grande influência na taxa de corrosão são:

- Umidade relativa dos poros;

- Temperatura ao redor das áreas de corrosão;
- Composição química da solução dos poros, circundantes ao aço;
- Porosidade do concreto;
- Condições do meio;
- Espessura do revestimento;

Estes fatores definem o intervalo de tempo ou duração do período de propagação.

Para um mesmo concreto, os dois primeiros fatores (umidade relativa e temperatura) são os que controlam a taxa de corrosão.

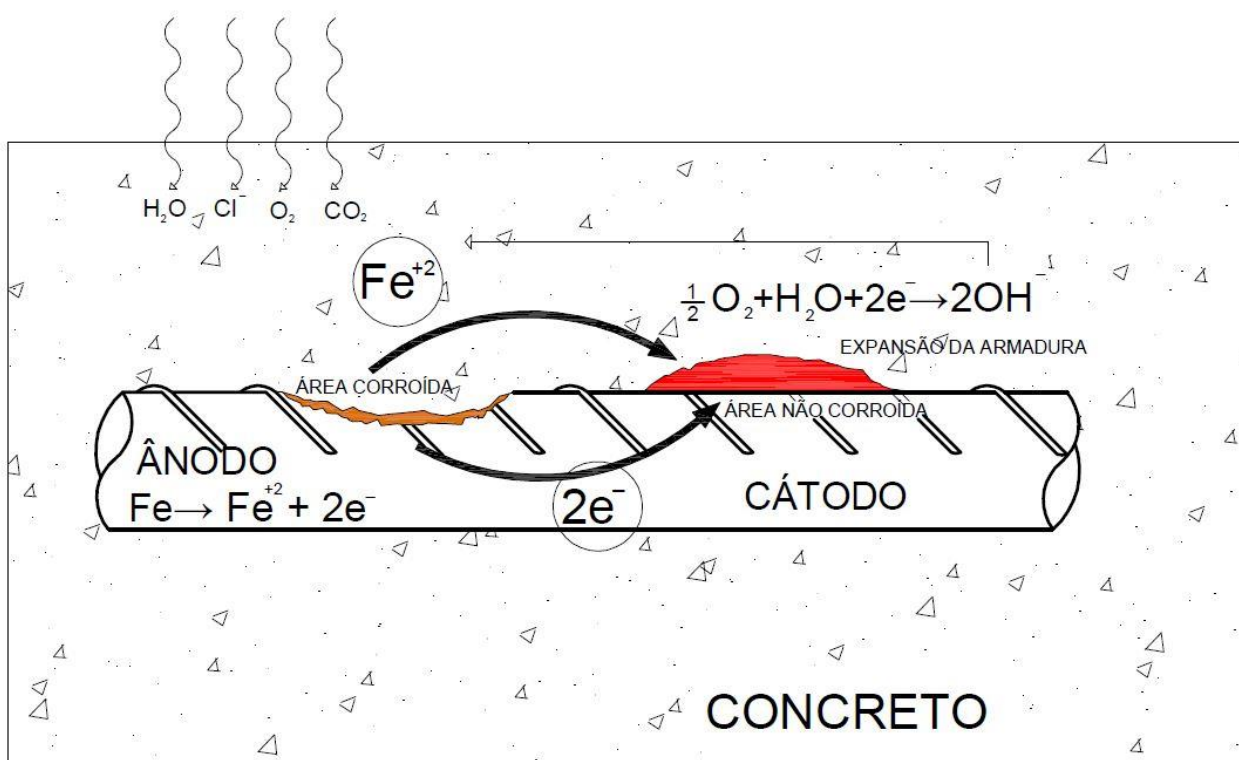


Figura 29 - Mecanismo de corrosão de armaduras

1.6.1.1. Mecanismos preponderantes de deterioração relativos a armaduras.

- a) despassivação por carbonatação, ou seja, por ação do gás carbônico da atmosfera;
- b) despassivação por elevado teor de íon cloro (cloreto).

1.6.1.2. Mecanismos de deterioração da estrutura propriamente dita

São todos aqueles relacionados às ações mecânicas, movimentações de origem térmicas, impactos, ações cíclicas, retração, fluência e relaxação.

A vida útil das estruturas de concreto armado pode ser prevista por um dos quatro métodos seguintes:

a) Empiricamente

Procurando garantir durabilidade pela especificação de exigências construtivas baseadas em experiências anteriores. Assim, era e é o tratamento da maioria das normas técnicas brasileiras e internacionais desde 1903, sendo o parâmetro principal de durabilidade o cobrimento da armadura de concreto, não sendo, porém, considerada nas normas nacionais a agressividade ambiental, o que significa uma deficiência importante.

b) Com base em ensaios acelerados

Mais adequado à avaliação de materiais e/ou componentes de base orgânica, este método foi introduzido em 1978 com a norma norte-americana ASTM E632 *Standard Practice for Developing Accelerated Tests to Aid Prediction of the Service Life of Building Components and Materials* (Prática Padronizada para o Desenvolvimento de Ensaos Acelerados para Auxiliar a Previsão da Vida Útil de Serviço de Materiais e Componentes de Edificações).

c) Por modelos numéricos e deterministas

Este método baseia-se nos mecanismos de transporte de gases, massa e íons através dos poros do concreto, no período de iniciação da corrosão (modelo de vida útil de TUUTI, abordado na seqüência) e na Lei de Faraday, no período de propagação da corrosão da armadura.

Assim no período de iniciação da corrosão, isto é, até a despassivação da armadura, os modelos de previsão da vida útil da estrutura baseiam-se na termodinâmica da corrosão envolvendo os mecanismos de transporte no concreto, que podem ser expressos simplificadaamente por:

$$e = k \cdot \sqrt{t}$$

Onde:

e: extensão percorrida pelo agente agressivo (mm);

k: coeficiente de um dos mecanismos: permeabilidade, absorção capilar, difusão de gases e íons ou migração de íons;

t: vida útil (anos).

Após a despassivação da armadura, isto é, no período de propagação da corrosão, os modelos de previsão baseiam-se na cinética da corrosão envolvendo os mecanismos de perda de massa no aço (equação de Faraday), difusão dos produtos de corrosão (equação de Fick), geometria e esforços das peças (equações de resistências dos materiais).

Os modelos numéricos e deterministas também podem considerar particularmente cada um, a corrosão da armadura ou a deterioração do concreto. No caso da armadura, há modelos atuais de previsão de vida útil. No caso do concreto, não há ainda modelos matemáticos satisfatórios, sendo necessário fazer considerações apenas qualitativas de durabilidade.

De acordo com o modelo de vida útil de TUUTI, a deterioração por corrosão de armaduras das estruturas de concreto pode ser modelada como um processo que comporta dois estágios.

O primeiro estágio, ao qual está associado o período de tempo t_0 , denominado **período de iniciação**, corresponde ao período de tempo que os agentes agressivos do ambiente levam para alcançar a armadura.

O segundo estágio, associado ao período de tempo t_1 , corresponde ao tempo que ainda leva para a ocorrência de uma deterioração significativa, tanto do ponto de vista estético quanto de segurança, podendo ser o tempo correspondente ao aparecimento de manchas dos produtos de corrosão, ao aparecimento de fissuras, à ocorrência de destacamentos do concreto de cobrimento ou até à ruptura parcial ou total da estrutura. A definição de t_1 depende muito da definição do nível de deterioração aceitável e, portanto, é bastante subjetiva.

Assim, a vida útil é igual a $t_0 + t_1$, sendo t_1 definido arbitrariamente em função da importância da obra e seu estado que podem ser: (a) construções novas, (b) construções existentes e em bom estado de conservação, ou (c) construções existentes e deterioradas, e é possível distinguir pelo menos os seguintes tipos: vida útil de projeto, vida útil de serviço ou de utilização, vida útil total e vida útil residual.

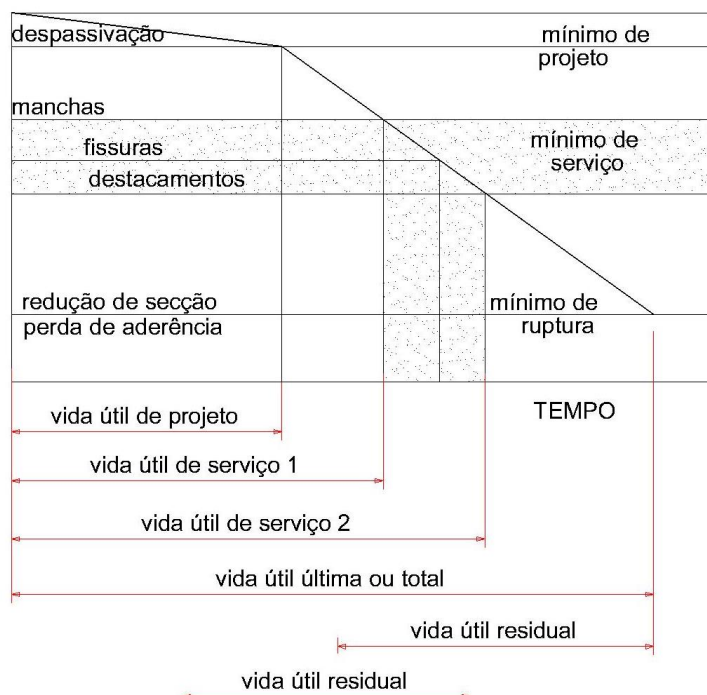


Figura 30 - Conceituação de vida útil das estruturas de concreto com relação à corrosão das armaduras

A vida útil de projeto pode ser estimada adotando-se parâmetros relativos às características do concreto de cobrimento e à agressividade do meio ambiente, sendo os parâmetros mais importantes a penetração de Cl^- e de CO_2 , que podem ser avaliados em laboratório, através de ensaios como a porosidade de mercúrio, ou quantificados por relações matemáticas.

A agressividade do ambiente pode ser avaliada pela classificação deste de acordo com o macro clima em atmosferas rurais, urbanas, marinhas, industriais e viciadas.

A estimativa da vida útil de serviço (período de tempo até o aparecimento de manifestações patológicas inadmissíveis) é possível com uma previsão da taxa de corrosão, ou seja, com a medição de parâmetros tais como resistividade elétrica, teor de cloretos, potencial de corrosão, corrente de corrosão, etc., empregando aparelhos eletrônicos.

No caso da vida útil total (período de tempo até a ruptura ou colapso parcial da estrutura ou componente estrutural), a sua estimativa também requer, dentre outros parâmetros, uma previsão da taxa de corrosão, além de métodos analíticos para avaliação estrutural. Com os gráficos de perda de seção transversal em função do tempo, pode-se determinar o tempo que leva para que a seção da armadura atinja um diâmetro que corresponde a um coeficiente de segurança igual a 1,0.

A vida útil residual pode ser calculada a partir do conhecimento de ρ , ϵ e σ , descontando-se desses períodos de tempo t da época da vistoria e inspeção detalhada. Também podem ter de entrar neste cálculo fatores outros como incêndio ou impactos de veículos.

Para a avaliação da vida útil podem ser utilizados monogramas para a determinação, na fase de projeto, do cobrimento de concreto à armadura em função da agressividade do ambiente. Também a partir de um monograma que representa a espessura total corroída da seção transversal da barra da armadura necessária para iniciar o processo de ruptura do concreto de cobrimento e, consequentemente, ser considerada de intensidade severa ou grave, é possível predizer o período de tempo necessário ao aparecimento de fissuras no concreto de cobrimento, admitindo uma velocidade de corrosão constante no tempo, confrontando essas reduções de seção transversal com taxa de corrosão ou a intensidade de corrosão (i_{corr}).

Outro modelo conhecido é o de ANDRADE *et al* que, admitido o modelo de vida útil de TUUTTI, permite a análise da vida útil, pós-despassivação da armadura, da estrutura de concreto a partir das medições dos diâmetros das barras e a intensidade de corrosão (e consequentemente da velocidade de diminuição da seção das barras).

d) Por modelos probabilistas

Este método é o mais moderno conhecido para a análise da durabilidade no projeto estrutural, isto é, para a determinação do cobrimento de concreto à armadura necessária para uma dada durabilidade, e seus fundamentos são similares aos dos princípios de introdução da segurança no projeto das estruturas de concreto.

1.6.2. Penetração de íons cloreto

Entre os estudos relacionados à durabilidade das estruturas de concreto armado, verifica-se que a corrosão das armaduras provocada pela ação dos íons cloreto é um dos problemas mais sérios que pode ocorrer em uma estrutura (ANDRADE, 1997; NEVILLE, 1997).

A literatura recomenda que um percentual máximo de 0,4% de cloretos em relação à massa de cimento pode ser adotado como valor admissível de cloretos em peças de concreto armado (ANDRADE, 1988; HELENE, 1993).

Cloretos livres na solução dos poros do concreto podem penetrar através do cobrimento sem interagir com os componentes oriundos da hidratação do cimento. Este tipo de cloreto é o mais prejudicial à durabilidade de uma estrutura, pois ao atingir a armadura pode ocasionar a sua despassivação.

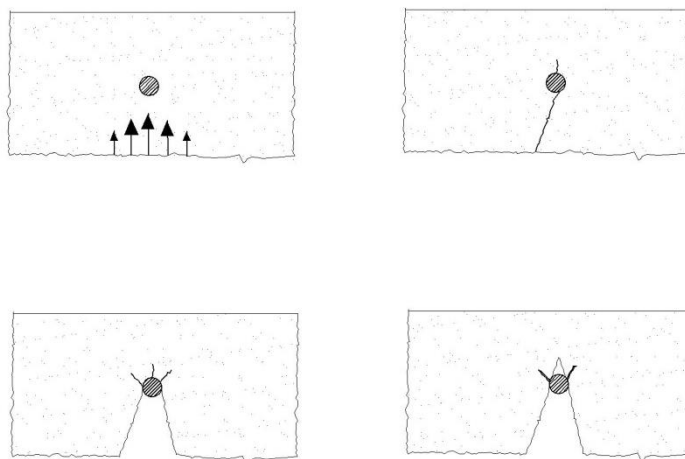


Figura 31 - Consequências da penetração de íons cloreto nas estruturas

Quando existe um gradiente de pressão atuando no sistema, a penetração de cloretos se dá por permeabilidade. Tal caso é típico de locais como estações de tratamento de águas, de esgotos, tanques industriais, reservatórios, estruturas marítimas. A permeabilidade de um concreto está diretamente relacionada com a composição e as condições de cura especificadas para a estrutura, pois quanto mais tempo houver para a hidratação dos compostos do concreto, menor a permeabilidade do mesmo.

1.6.3. Fatores que afetam a penetração de cloretos nas estruturas de concreto armado

- a) *Características ambientais e condições de exposição:* temperatura, umidade relativa, condições de exposição, concentração superficial de cloretos.
- b) *Características do concreto:* coeficiente de difusão, resistência à compressão, tipo de cimento, presença de adições, efeitos sinérgicos das variáveis.

1.6.4. Influência do Ambiente

Duas normas nacionais abordam a questão do ambiente, a L.1007, CETESB e a NBR 6118 (ABNT, 2004).

Quadro 9 - Tipos de agressividade e valores limites para a avaliação do grau de agressividade de água do mar, salobra, de esgoto ou poluída industrialmente.

Grau de agressividade	Água do mar, salobra, de esgoto ou poluída industrialmente; fenômeno de expansão por formação de gipsita e/ou etringita acompanhada de lixiviação			Corrosão da armadura
	SO ₄ ²⁻ (mg/l)			Cl ⁻ (mg/l)
	Mg ²⁺ < 100 mg/l; NH ₄ ⁺ < 100 mg/l		Mg ²⁺ = 100 mg/l	
	Cl ⁻ < 100 mg/l	Cl ⁻ = 100 mg/l	NH ₄ ⁺ = 100 mg/l	
0 – nula	< 200	< 250	< 100	-
I – fraca	200 a 350	250 a 400	100 a 200	-
II – média	350 a 600	400 a 700	200 a 350	-
III – forte	600 a 1200	700 a 1500	350 a 600	3000
IV – muito forte	> 1200	> 1500	> 600	> 3000

Fonte: CETESB, 1980

A norma CETESB L1007 (CETESB, 1980), determina condições de qualidade para determinação grau de agressividade do meio aquoso ao concreto.

O grau de agressividade acima referido deve ser acrescido ou reduzido de acordo com características do meio. São atenuantes: 28 dias sem contato com a água, contato esporádico com águas agressivas, concreto envolvido com terreno de baixa permeabilidade. São agravantes: água em movimento, variação frequente do nível da água, pressão hidráulica unilateral, água com temperaturas superiores a 45°C e estrutura delgada.

A principal restrição fica com o fato de que a norma aborda somente os casos em meio aquoso e não especifica a qualidade necessária para o concreto.

A NBR 6118 (ABNT, 2004) possui 2 capítulos que abordam o assunto. O capítulo 6 - *Diretrizes para durabilidade das estruturas de concreto*, e capítulo 7 - *Crerios de projeto que visam à durabilidade*.

No capítulo 6 são apresentados os principais mecanismos de degradação e a classificação do ambiente onde a estrutura está inserida.

Quadro 10 - Classes de agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação do tipo de ambiente	Risco de deterioração
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana	Pequeno
III	Forte	Marinha	Grande
		Industrial	
IV	Muito forte	Industrial	Elevado
		Respingos de maré	

Fonte: ABNT, 2014.

No capítulo 7 são apresentados aspectos referentes à qualidade do concreto, qual o mais adequado para cada classe de agressividade e sua espessura de cobrimento.

Quadro 11 - Correspondência entre classe de agressividade e qualidade do concreto

Concreto	Tipo	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	Armado	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	Protendido	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe do concreto	Armado	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	Protendido	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$

Fonte: ABNT, 2014.

Quadro 12 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento

Tipo de estrutura	Elemento estrutural	Classe de agressividade			
		I	II	III	IV
		Cobrimento nominal (mm)			
Concreto armado	Lajes	20	25	35	45
	Vigas/pilares	25	30	40	50
	Contato com o solo	30		40	50
Concreto protendido	Todos	30	35	45	55

Fonte: ABNT, 2014.

1.6.5. Potencial de Corrosão

Potencial de corrosão pode ser entendido como a probabilidade de ocorrer corrosão de armaduras de aço dentro do concreto. É um instrumento rápido e barato para se determinar numa estrutura pontos que necessitam de monitoramento ou reparo e a medida do potencial de corrosão pode indicar que se iniciou a corrosão nas armaduras.

O método consiste em se medir o potencial elétrico de um segmento da estrutura armada e comparar o resultado com o valor de um eletrodo de referência. O equipamento consiste de um voltímetro, uma esponja de alta condutividade e um eletrodo de referência. Para o procedimento retira-se uma pequena faixa do revestimento para se ter acesso a armadura da peça. A esponja é colocada sobre o concreto e sobre esta fica o eletrodo de referência. A armadura aparente sem o revestimento é então conectada com o eletrodo de referência pelo voltímetro que fará a medição da diferença de potencial.

Os resultados podem ser comparados com o quadro 13 que indica faixas de referência para possível corrosão de armadura. É importante ressaltar que para maior indicativo de presença de corrosão é a combinação de métodos de análise com potencial de corrosão, resistividade elétrica, e profundidade de carbonatação.

Quadro 13 – Faixas de potencial de corrosão e sua correlação com a probabilidade de corrosão

Eletrodo de cobre/Sulfato de cobre	Probabilidade de corrosão
Mais negativo que - 350 mV	Superior a 90%
Mais positivo que - 200 mV	Inferior a 10%
De - 200 a -350 mV	Incerta

Fonte: ASTM C 876:2009

1.6.6. Resistividade do Concreto

Resistividade elétrica é o inverso de condutividade elétrica e pode ser entendida como a dificuldade de movimentação dos íons no interior do concreto. O método mais empregado é o de Wenner (ou método dos quatro eletrodos) e consiste na leitura da corrente elétrica e diferença de potencial pelos quatro eletrodos, assim como mostra a figura 35. A resistividade elétrica é medida até a profundidade igual a distância entre os eletrodos, o que numa estrutura de concreto pode ser admitida com sendo igual ao revestimento da armadura.

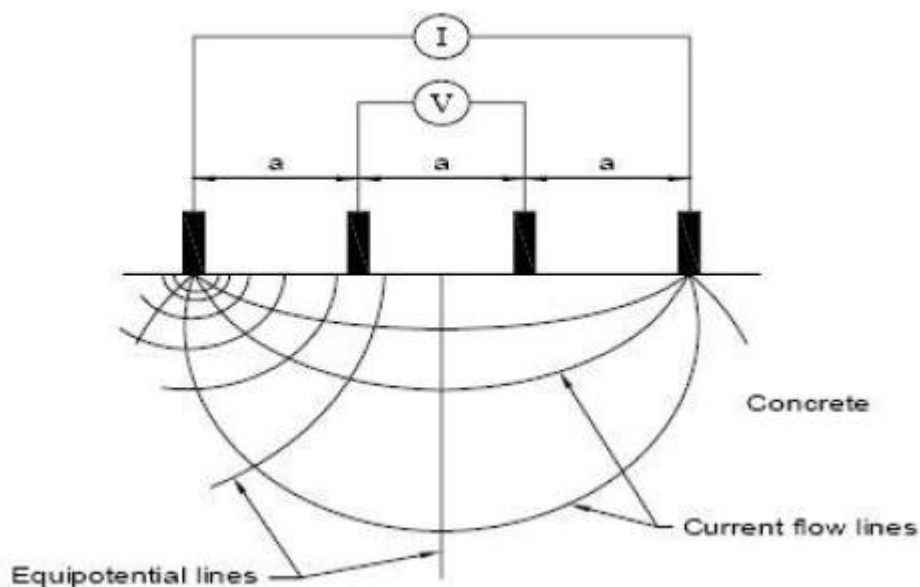


Figura 32 – Eletrodos posicionados para a leitura de corrente dentro da peça (GOWERS e MILLARD, 1999)

A medida da resistividade elétrica pode ser determinada pela equação abaixo:

$$\rho = K \cdot 2 \cdot \pi \cdot a \cdot V / i$$

ρ = resistividade elétrica

a = distância entre eletrodos

V = diferença de potencial

I = corrente elétrica

K = parâmetro de correção

O valor da resistividade elétrica pode então ser relacionado com a tabelas 14 e a tabela 15 para se avaliar a probabilidade de ocorrência de corrosão

Quadro 14 – Risco de corrosão em função de ρ (COST 509 apud POLDER, 2001)

Resistividade elétrica (K Ω .cm)	Risco de corrosão
<10	Alta
10 a 50	Moderada
50 a 100	Baixa
>100	Negligenciável

Quadro 15 - Risco de corrosão em função de ρ (CEB 192 ABREU, 1998)

Resistividade elétrica ($K\Omega.cm$)	Risco de corrosão
>20	Desprezível
10 a 20	Baixa
5 a 10	Alta
<5	Muito alta

1.7. DEFORMAÇÕES

As deformações no concreto são fruto de três etapas e processos distintos são eles: retração, deformação elástica e fluência.

Muitos materiais possuem um comportamento linear ou quase linear quando submetidos a um estado de tensão, outros materiais comportamentos não lineares. Em alguns dos materiais com comportamento não linear são observadas deformações lentas e contínuas com taxas decrescentes quando carregados. Quando o carregamento é removido, a deformação decresce continuamente e segue uma recuperação da deformação elástica inicial. Estes materiais sofrem influência da taxa de deformação ou de tensão a que estão submetidos, por exemplo, quanto maior for o tempo para alcançar a tensão final, a uma taxa constante de carregamento, maior será a deformação correspondente, ou seja, a deformação depende da história do carregamento. Tais materiais são conhecidos como visco elástico. Dentre estes materiais que possuem comportamento visco elástico, temos: plásticos, fibras sintéticas ou naturais, madeira, concreto e metais sujeitos a altas temperaturas. Sendo o tempo um fator determinante no comportamento destes materiais, eles são chamados “materiais dependentes do tempo”. Um dos fenômenos dependentes do tempo que temos é conhecido como fluência ou *creep*. *Creep* é uma deformação lenta e contínua dos materiais quando sujeito a um estado de tensão constante. Divide-se em três estágios diferentes: *creep* primário onde a taxa de deformação diminui gradualmente com o tempo até atingir uma taxa constante de deformação, que é denominado *creep* secundário, e por fim o *creep* terciário onde a taxa de deformação volta a crescer até que o material atinja a ruptura.

A fluência, fenômeno próprio do material, pode ser minimizada com projeto e execução adequados.

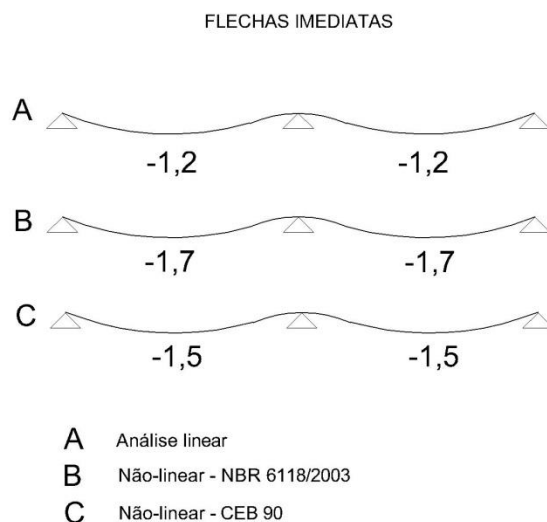


Figura 33 - Análises de deformações imediatas de vigas seguindo diferentes critérios

A deformabilidade da estrutura pode ser controlada com o uso de concretos com resistência e módulo de elasticidade corretos, e o seu lançamento pode ser realizado com a escolha adequada dos elementos enrijecedores. Para se obter uma maior trabalhabilidade do concreto, ou maiores valores de abatimento (*slump*), podem ser utilizados aditivos plastificantes ou superplastificantes na mistura, no lugar do aumento da relação água/cimento. Esse é o procedimento usual para se obter concretos de elevada resistência à compressão e de fácil aplicação em estruturas com alta densidade de armadura (espaços reduzidos), pois um aumento na relação água/cimento fatalmente provoca uma expressiva queda na resistência. Os concretos atuais com abatimentos entre 16 e 20 cm, conseguidos com uso de superfluidificantes, e os chamados auto adensáveis, com aditivos químicos, conferem resistência mais alta e módulo de elasticidade adequado, desde que o agregado gráudo apresente modo de elasticidade compatível. Esses concretos devem apresentar boa coesão em estado plástico e dispensam o adensamento, além de superarem os concretos convencionais do ponto de vista da fluência. Já concretos mais argamassados, como é o caso do bombeável, tendem a apresentar menores valores de módulo de elasticidade do que os convencionais, e conseqüentemente maiores valores de fluência. Esse tipo de concreto, indicado para aplicação em locais de difícil acesso, deve ser utilizado com o conhecimento prévio de suas características físicas, obtidas por ensaio e consideradas em projeto.

De acordo com o engenheiro Francisco Graziano, do escritório de Engenharia Pasqua e Graziano, a indeterminação real da fluência, também condicionada a fatores de origem climática como umidade do ar e temperatura ambiente, requer dispositivos estruturais de compensação. Nos casos em que o conhecimento da deformação de uma viga é indispensável para garantir seu bom desempenho em serviço, como em vigas fletidas de grandes vãos, e existem dúvidas sobre a variabilidade da grandeza referente ao

deslocamento, lança-se mão de alterações do sistema estrutural por meio do uso de sistemas protendidos. A protensão forma uma contra curvatura mecânica que pode neutralizar o efeito deletério da fluência.

Graziano também alerta para uma confusão comum entre engenheiros: considerar como fluência a deformabilidade de uma peça resultante de um estado de fissuração. Esse fenômeno pode ser responsável pela amplificação de até duas vezes na deslocabilidade da peça, resultando em deslocamentos extremamente inesperados. Isso se deve ao fato de a fissuração reduzir de forma dramática a rigidez da seção transversal da peça à quase metade da grandeza apresentada antes da ocorrência. A fissuração depende da qualidade do concreto utilizado, da quantidade de armadura da peça, da grandeza das cargas aplicadas, das condições de cura, da desenforma e re-escoramento.

A fluência, fenômeno próprio do material, pode ser minimizada com projeto e execução adequados. Todos os especialistas concordam que para minimizar os efeitos da fluência as soluções construtivas devem contemplar o comportamento sistêmico do edifício, de maneira a prever o bom funcionamento conjunto dos componentes. Segundo Zamarion, as mudanças nos sistemas executivos levaram ao aparecimento de problemas na interface estrutura-vedações e na deformação das estruturas, com deslocamentos além do esperado. Sistemas com comportamento similar são especialmente indicados para uso conjunto, como revestimentos de argamassa em alvenaria de blocos de concreto, onde se verifica não apenas a aderência física do revestimento (ranhuras e reentrâncias preenchidas), mas também a aderência química por similaridade do material. Além disso, as vedações devem ser capazes de absorver as deformações da estrutura sem gerar tensões internas.

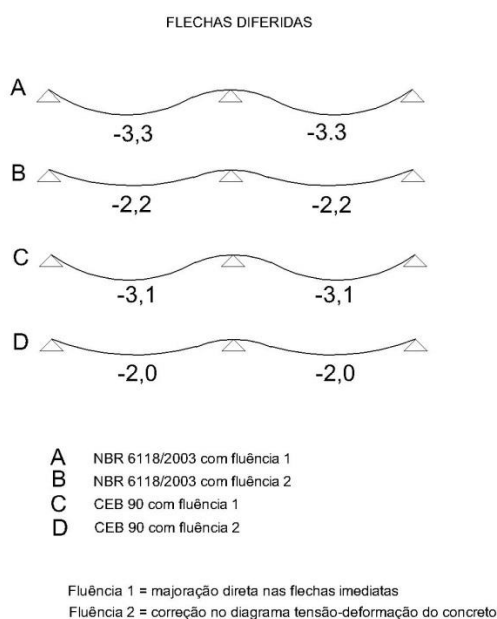


Figura 34 - Análises de deformações diferidas de vigas seguindo diferentes critérios

Com relação à estrutura, o cuidado com o concreto nas primeiras idades é determinante para sua vida útil. A manutenção da relação tensão-resistência dentro de limites aceitáveis exige escoramento adequado e a não-colocação de materiais de construção sobre a estrutura recém concretada, ou seja, o adiamento do início de execução das vedações. Em todos os casos, recomenda-se um plano de escoramento onde se considere, para cada etapa, o binômio "resistência à compressão / módulo de elasticidade" como base para a definição das escoras que devem permanecer em sua posição original até que possam ser removidas, sem prejuízo para o elemento estrutural e para o concreto.

Os principais fatores que elevam as deformações por fluência no momento da execução estão relacionados ao processo de secagem do elemento estrutural, por falta de cura ou cura insuficiente. A cura, especialmente nas primeiras idades, propicia aumentos da resistência e do módulo de elasticidade do concreto. No entanto, contra isso pode pesar o aumento da temperatura, acentua a secagem, e a elevada relação tensão-resistência no instante de aplicação da carga, que acima de 0,4 produz micro fissuras no concreto que aumentam significativamente a fluência. Apesar de normalizado há mais de duas décadas, o ensaio de módulo de elasticidade era pouco utilizado. Com a revisão da NBR 8522, em 2003, o ensaio ficou mais fácil e confiável (menor variabilidade de resultados), sendo aconselhável sua determinação antes do início da obra, para os materiais que se pretende utilizar, de maneira a assegurar os valores adotados em projeto. "O acompanhamento desse parâmetro no decorrer da obra é necessário apenas se houver troca de materiais, especialmente do agregado graúdo, ou expressiva modificação no traço do concreto", conclui.

A fim de que as deformações não provoquem fissuras nos elementos estruturais e de vedação a NBR 15575 estabelece valores limite relacionando flechas e vãos dos elementos estruturais.

Quadro 16 - Deslocamentos limite para cargas permanentes e acidentais em geral

Razão da limitação	Elemento	Deslocamento-limite	Tipo de deslocamento
Visual / insegurança psicológica	Pilares, paredes, vigas, lajes (componentes visíveis)	$L/250$ ou $H/300$ ⁽¹⁾	Deslocamento final incluindo fluência (carga total)
Destacamentos, fissuras em vedações ou acabamentos, falhas na operação de caixilhos e instalações	Caixilhos, instalações, vedações e acabamentos rígidos (pisos, forros, etc.)	$L/800$	Parcela da flecha ocorrida após a instalação da carga correspondente ao elemento em análise (parede, piso, etc.)
	Divisórias leves, acabamentos flexíveis (pisos, forros etc.)	$L/600$	
Destacamentos e fissuras em vedações	Paredes e/ou acabamentos rígidos	$L/500$ ou $H/500$ ⁽¹⁾	Distorção horizontal ou vertical provocada por variações de temperatura ou ação do vento, distorção angular devida ao recalque de fundações (deslocamentos totais)
	Paredes e acabamentos flexíveis	$L/400$ ou $H/400$ ⁽¹⁾	

H - É a altura do elemento estrutural.
L - É o vão teórico do elemento estrutural.
⁽¹⁾ - Para qualquer tipo de solicitação, o deslocamento horizontal máximo no topo do edifício deve ser limitado a $H_{total}/500$ ou 3 cm, respeitando-se o menor dos dois limites.
Nota - Não podem ser aceitas falhas, a menos aquelas que estejam dentro dos limites previstos nas normas prescritivas específicas.

Quadro 17 - Flechas máximas para vigas e lajes

Parcela de carga permanente sobre vigas e lajes		Flecha imediata ⁽¹⁾			Flecha final (total) ⁽³⁾
		S_{gk}	S_{qk}	$S_{gk} + 0,7 S_{qk}$	$S_{gk} + 0,7 S_{qk}$
Paredes monolíticas, em alvenaria ou painéis unidos ou rejuntados com material rígido	Com aberturas ⁽²⁾	$L/1\ 000$	$L/2\ 800$	$L/800$	$L/400$
	Sem aberturas	$L/750$	$L/2\ 100$	$L/600$	$L/340$
Paredes em painéis com juntas flexíveis, divisórias leves, gesso acartonado	Com aberturas ⁽²⁾	$L/1\ 050$	$L/1\ 700$	$L/730$	$L/330$
	Sem aberturas	$L/850$	$L/1\ 400$	$L/600$	$L/300$
Pisos	Constituídos e/ou revestidos com material rígido	$L/700$	$L/1\ 500$	$L/530$	$L/320$
	Constituídos e/ou revestidos com material flexível	$L/750$	$L/1\ 200$	$L/520$	$L/280$
Forros	Constituídos e/ou revestidos com material rígido	$L/600$	$L/1\ 700$	$L/480$	$L/300$
	Forros falsos e/ou revestidos com material flexível	$L/560$	$L/1\ 600$	$L/450$	$L/260$
Laje de cobertura impermeabilizada, com inclinação $i \geq 2\%$		$L/850$	$L/1\ 400$	$L/600$	$L/320$
Vigas calha com inclinação $i > 2\%$		$L/750$	–	–	$L/300$

L - É o vão teórico.
⁽¹⁾ - Para vigas e lajes em balanço, são permitidos deslocamentos correspondentes a 1,5 vez os respectivos valores indicados.
⁽²⁾ - No caso do emprego de dispositivos e detalhes construtivos que absorvam as tensões concentradas no contorno das aberturas das portas e janelas, as paredes podem ser consideradas "sem aberturas".
⁽³⁾ - Para a verificação dos deslocamentos na flecha final, reduzir a rigidez dos elementos analisados pela metade.

1.8. IMPERMEABILIZAÇÃO

Impermeabilizar laje nas construções é uma etapa essencial. E o caso das lajes, que se não impermeabilizadas, podem apresentar trincas e rachaduras no decorrer do tempo, tendo sua durabilidade reduzida, com a presença de infiltrações, umidade, mofo e fungos. Além do carreamento do Carbonato de Cálcio presente na massa do concreto que faz com que o PH do concreto caia abaixo de 9 e assim permitindo a Carbonatação do Concreto e início de corrosão.

1.8.1. A importância da impermeabilização

A impermeabilização na construção civil é um procedimento sistemático empregado com o objetivo de selar, vedar ou colmatar materiais porosos e suas possíveis falhas, geradas por momentos estruturais ou por defeitos técnicos durante a execução. Sua aplicação é feita com diferentes composições, com a função de evitar a ação das intempéries por meio de infiltrações em qualquer parte da construção — paredes, lajes, aberturas, muros, coberturas, etc.

Quando o responsável pela obra não valoriza essa etapa na hora de construir um novo empreendimento, coloca toda a estrutura e demais elementos à mercê de patologias como manchas, oxidação, bolor e deterioração de peças em geral. Nesse sentido, a impermeabilização deve ser tratada como uma etapa fundamental em toda obra, recebendo um projeto específico para garantir o máximo de segurança e conforto aos usuários do espaço.

1.8.2. Diferentes tipos de impermeabilização na construção civil

A impermeabilização é classificada em dois tipos que levam em conta a possibilidade (ou não) das partes construtivas sofrerem algum tipo de fissuração:

a) Impermeabilização rígida

É um procedimento que deixa a área trabalhada impermeável pela inclusão de aditivos químicos e agregados. Os impermeabilizantes rígidos não funcionam em conjunto com os elementos estruturais, portanto, não podem ser aplicados em superfícies sujeitas a grandes variações de temperatura. A impermeabilização rígida é ideal para locais não sujeitos às fissuras, como subsolos, piscinas enterradas e galerias, já que estão sobre a ação de condições de temperaturas constantes.

b) Impermeabilização flexível

Representada pelo conjunto de produtos aplicados em partes construtivas sujeitas à fissuração, a impermeabilização flexível é geralmente feita com materiais compostos de elastômeros e polímeros. Os materiais podem ser moldados no local (membranas) ou serem pré-fabricados (mantas). Esse sistema flexível é ideal para locais sujeitos à variação de temperatura, como varandas, coberturas, terraços, piscinas suspensas, pisos frios e lajes.

1.8.3. Os sistemas mais usados e suas aplicações

Os procedimentos de impermeabilização são fundamentais para proteger um sistema construtivo contra a ação da água e seus efeitos. Dependendo da superfície ou elemento a ser protegido, são usados tipos diferentes de sistemas. Conheça os principais:

a) Argamassa polimérica

Contém cimento, agregados, aditivos e polímeros que formam um revestimento. Indicada para áreas frias e molhadas, poço de elevadores, piscinas, rodapés, reservatórios de água e subsolos.

b) Calafetador

Bastante utilizado na vedação de caixilhos e elementos em geral. Ideal para o preenchimento de juntas internas e externas, horizontais e verticais.

c) Emulsão acrílica

Tem base acrílica com elastômero, elementos que formam uma membrana líquida. É ideal para superfícies expostas e sujeitas ao contato com as intempéries, como lajes, coberturas, paredes e marquises.

d) Emulsão asfáltica

Um monocomponente, é aplicado a frio e requer proteção mecânica. Ideal para terraços, áreas frias e lajes.

e) Hidrofugante

Material que repele a água e pode ser aplicado diretamente em superfícies minerais. Ideal para fachadas de pedra, telha cerâmica, cerâmica porosa e, tijolo e concreto aparentes.

f) Hidro-repelente

Também repele a água e não altera a aparência do substrato. Ideal para superfícies minerais, como tijolo e concreto aparentes, fachadas de pedra, telha cerâmica e cerâmica porosa.

g) Manta asfáltica

Contém asfalto modificado com polímeros e é armada com estruturante. Ideal para lajes planas ou inclinadas, piscinas, floreiras, reservatórios de água e áreas frias.

Hoje, as mantas asfálticas lideram no país, com várias nomenclaturas, espessuras, e tipos de aplicação. As espessuras vão de 3 mm a 5 mm, sendo que as mais utilizadas são as de 3 mm e 4 mm. Tipo é uma classificação que vai de 2 a 4, predominando o uso dos tipos 3 e 4. São conceituados a partir dos estruturantes utilizados na sua composição, que pode ser em poliéster com várias gramaturas.

“Engenheiros de construtoras têm conhecimento de que o sistema é a manta asfáltica e sua espessura. A partir daí os dados são do domínio dos projetistas, já que nem mesmo os catálogos técnicos dos fornecedores mencionam os tipos”, diz Pousa, revelando que na maioria das obras, o sistema mais utilizado é o do tipo 3, que atende as movimentações e dilatações estruturais, considerando aspectos como local da edificação em que a impermeabilização será aplicada, qual o esforço que incidirá e se haverá tráfego sobre ela. “Outros critérios envolvem a vida útil do sistema que gira em torno de 15 anos, quando se trata de uma única camada de impermeabilização”, observa.

Quando a decisão do empreendedor é garantir o máximo em qualidade, especialmente nas edificações de alto padrão, o projetista fica livre para propor sistemas de performance mais elevada. “É inevitável a especificação de uma camada dupla de manta, que eleva a vida útil do material, reduzindo também as manutenções”, diz. As mantas podem ser aplicadas com maçarico, de custo mais alto, ou com asfalto quente. Esse seria o sistema ‘top’, com vida útil que dobra, chegando a 30 anos. As alternativas são as membranas asfálticas moldadas ‘in loco’, feitas manualmente.

“É bom lembrar que não existem normas que determinem o número de camadas de mantas”, alerta. No caso das coberturas, dependendo do nível de impermeabilização que se deseja obter, em função das dimensões, investimento e as várias interferências na área, é possível reforçar o sistema. Segundo ele, a longevidade do sistema, independente de ser mais ou menos reforçado, dependerá do uso, especialmente das instalações que venham a ser feitas na cobertura impermeabilizada no pós-obra.

1.8.4 Manutenção da impermeabilização

A manutenção da impermeabilização só é feita quando ocorre vazamento. Dependendo da gravidade das infiltrações, do tempo de aplicação e, em se tratando de um sistema asfáltico, é possível fazer a manutenção localizada. É preciso que a área seja isolada, de forma a oferecer garantia de execução. O trabalho exige que se quebre o revestimento do piso para chegar na camada de

impermeabilização, onde, muitas vezes se detecta o ponto falho – em outras, será necessário fazer pesquisa, removendo tudo.

1.9. MANUTENÇÃO

A ótica da vida útil da edificação está intimamente ligada ao seu ciclo de vida, portanto uma vida útil mais longa será atingida caso haja manutenções periódicas conforme o relacionado abaixo e manutenções pontuais mais breves quando houver evidencia de deterioração.

Para estruturas convencionais, sob condições normais de serviço, os seguintes períodos de tempo entre inspeções sucessivas são recomendados pelo CEB-FIP-MC-90:

- a) Para casas, escritórios, etc.: 10 anos;
- b) Para edifícios industriais: 5 a 10 anos;
- c) Para pontes de ferrovias: 2 anos;
- d) Para pontes de autoestradas: 4 anos;
- e) Para pontes de rodovias: 6 anos.

No caso de manutenção de obras de arte, a ABNT (1986) estabeleceu uma norma específica, a NBR 9452, com procedimentos para inspeção em pontes e viadutos, classificando os tipos de vistorias em:

- a) Cadastral;
- b) Rotineira;
- c) Especial

Na figura abaixo vemos o aumento do desempenho da estrutura quando da intervenção de manutenção, e em seguida seu decréscimo ate nova intervenção e que as periódicas manutenções mantém a estrutura acima do desempenho requerido.

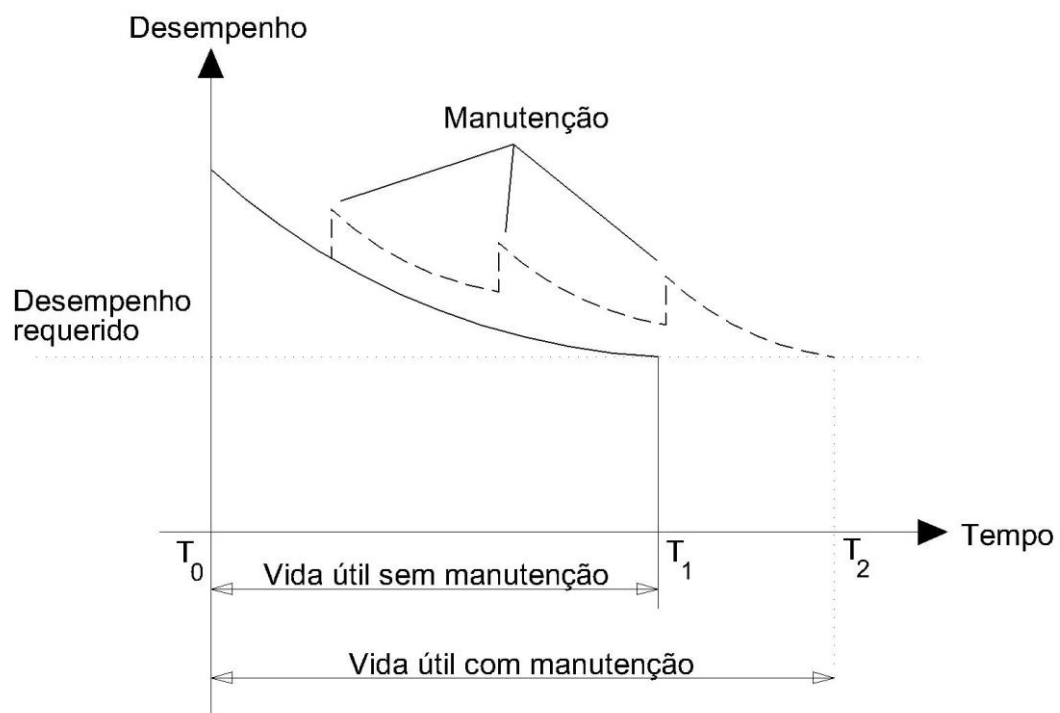


Figura 35 - Modelo de desempenho - tempo e manutenção

2. VISTORIA

Nos dias 25 de fevereiro e 01 de março de 2021 foram efetuadas visitas ao edifício de forma presencial pelo professor e engenheiro Rui Medeiros e o engenheiro Allan Alexandre Honório, acompanhados pelo estagiário de Engenharia Augusto Korte. Acompanhou a visita o Eng. Paulo Lange por parte do Tribunal de Justiça do Paraná. Nessas datas foram efetuados o levantamento fotográfico e a inspeção visual nas instalações que correspondem às áreas internas e externas da edificação.

As fotos de 01 a 195 correspondem ao Pavimento Subsolo



Foto nº 1 – Fissura Viga V54 de 3 mm em ambas as faces (19/11/2013)



Foto nº 2 – Fissura de 3,0 mm Viga V54 (25/02/2021)



Foto nº 3 – Fissura de 3,0 mm Viga V54 (25/02/2021)



Foto nº 4 – Abertura de 1cm em face inferior da V23 (19/11/2013)



Foto nº 5 – Abertura de 1cm em face inferior da V23 (25/02/2021)



Foto nº 6 – Abertura na Laje L36 com infiltração e corrosão de armadura (19/11/2013)



Foto nº 7 – Abertura na Laje L36 com infiltração e corrosão de armadura (25/02/2021)



Foto nº 8 – Corrosão das Armadura V8 (25/02/2021)



Foto nº 9 – Corrosão das Armadura V17 (25/02/2021)



Foto nº 10 – Corrosão das Armadura V17 (25/02/2021)



Foto nº 11 – Exposição de Armadura na Laje 01 (19/11/2013)



Foto nº 12 – Exposição de Armadura na Laje 01 (25/02/2021)



Foto nº 13 – Exposição de Armadura na Laje 01 (25/02/2021)



Foto nº 14 – Exposição de Armadura na Laje 01 (25/02/2021)



Foto nº 15 – Corrosão das armaduras da laje L26 (25/02/2021)



Foto nº 16 – Infiltração das Lajes L28 (19/11/2013)



Foto nº 17 – Infiltração da Laje L28 tratada (25/02/2021)



Foto nº 18 – Corrosão Laje L28 (25/02/2021)



Foto nº 19 – Corrosão das armaduras da Laje L28 (19/11/2013)



Foto nº 20 – Corrosão das armaduras da Laje L28 (19/11/2013)



Foto nº 21 – Corrosão das armaduras da Laje L28 (25/02/2021)



Foto nº 22 – Infiltração na Laje L28 (25/02/2021)



Foto nº 23 – Infiltração na Laje L28 (25/02/2021)



Foto nº 24 – Infiltração na Laje L28 (25/02/2021)



Foto nº 25 – Infiltração e corrosão na Laje L28 (25/02/2021)



Foto nº 26 – Corrosão nas armaduras na Laje L28 (25/02/2021)



Foto nº 27 – Armadura Pintada na Laje L28 (25/02/2021)



Foto nº 28 – Corrosão nas armaduras na Laje L28 (25/02/2021)



Foto nº 29 – Corrosão nas armaduras da viga V35 (25/02/2021)



Foto nº 30 – Exposição e corrosão de armadura da Laje L31 (19/11/2013)



Foto nº 31 – Exposição e corrosão de armadura da Laje L31 (25/02/2021)



Foto nº 32 – Infiltração da Laje L31 (25/02/2021)



Foto nº 33 – Exposição e corrosão de armadura da Laje L31 (25/02/2021)



Foto nº 34 – Exposição e corrosão de armadura da Laje L31 (25/02/2021)



Foto nº 35– Exposição de armadura da base do pilar P25 (19/11/2013)



Foto nº 36 – Exposição de armadura da base do pilar P25 (25/02/2021)



Foto nº 37 – Exposição de armadura da base do pilar P26 (25/02/2021)



Foto nº 38 – Exposição e corrosão de armadura na laje L62 (19/11/2013)



Foto nº 39 – Exposição e corrosão de armadura na laje L62 (25/02/2021)



Foto nº 40 – Exposição e corrosão de armadura na Viga V99 (19/11/2013)



Foto nº 41 – Exposição e corrosão de armadura na Viga V99 (25/02/2021)



Foto nº 42 – Exposição e corrosão de armadura na Viga V99a (25/02/2021)



Foto nº 43 – Exposição e corrosão de armadura na Laje L64 e Viga V99b (25/02/2021)



Foto nº 44 – Exposição e corrosão de armadura na Viga V55 (25/02/2021)



Foto nº 45 – Restos de madeira de forma na Viga V60 (19/11/2013)



Foto nº 46 – Restos de madeira de forma na Viga V60 (25/02/2021)



Foto nº 47 – Infiltração e corrosão de armaduras na laje L68 (19/11/2013)



Foto nº 48 – Infiltração e corrosão de armaduras na laje L68 (25/02/2021)



Foto nº 49 – Infiltração e corrosão de armaduras na laje L68 (19/11/2013)



Foto nº 50 – Infiltração e corrosão de armaduras na laje L68 (25/02/2021)



Foto nº 51 – Infiltração e corrosão de armaduras na laje L68 (19/11/2013)



Foto nº 52 – Infiltração e corrosão de armaduras na laje L68 (25/02/2021)



Foto nº 53 – Infiltração e corrosão de armaduras na laje L68 (25/02/2021)



Foto nº 54 – Sinais de infiltração com carreamento de de corrosão da viga V61 (19/11/2013)



Foto nº 55 – Sinais de infiltração com carreamento de de corrosão da viga V61 (25/02/2021)



Foto nº 56 – Infiltração e corrosão de armaduras na laje L68 (25/02/2021)



Foto nº 57 – Corrosão de armaduras na laje L68 (25/02/2021)



Foto nº 58 – Exposição e corrosão de armaduras na viga V41 (19/11/2013)



Foto nº 59 – Exposição e corrosão de armaduras na viga V41 (25/02/2021)



Foto nº 60 – Exposição e corrosão de armaduras na viga V41 (25/02/2021)



Foto nº 61 – Exposição e corrosão de armaduras na viga V41 (19/11/2013)



Foto nº 62 – Exposição e corrosão de armaduras na viga V41 (25/02/2021)



Foto nº 63 – Exposição e corrosão de armaduras na viga V65 (19/11/2013)



Foto nº 64 – Exposição e corrosão de armaduras na viga V65 (25/02/2021)



Foto nº 65 – Sinais de infiltração na parede de contenção C4 (19/11/2013)



Foto n° 66 – Sinais de infiltração na parede de contenção C4 (25/02/2021)



Foto n° 67 – Exposição e corrosão de armaduras na viga V64 (25/02/2021)



Foto nº 68 – Exposição da armadura L71 (25/02/2021)



Foto nº 69 – Corrosão da armadura L74 (25/02/2021)



Foto nº 70 – Sinais de infiltração e corrosão de armaduras em abertura da laje L41 (19/11/2013)



Foto nº 71 – Sinais de infiltração e corrosão de armaduras em abertura da laje L41 (25/02/2021)



Foto nº 72 – Sinais de infiltração e corrosão de armaduras em abertura da laje L42 (19/11/2013)



Foto nº 73 – Sinais de infiltração e corrosão de armaduras em abertura da laje L42 (25/02/2021)



Foto nº 74 – Exposição e Corrosão de armaduras na Viga V9 (19/11/2013)



Foto nº 75 – Exposição e Corrosão de armaduras na Viga V9 (25/02/2021)



Foto nº 76 – Abertura mal executada em laje L43 (19/11/2013)



Foto nº 77 – Abertura mal executada em laje L43 (19/11/2013)



Foto nº 78 – Sinais de infiltração na parede de contenção C4 (19/11/2013)



Foto nº 79 – Sinais de infiltração na parede de contenção C4 (25/02/2021)



Foto nº 80 – Sinais de infiltração na parede de contenção C4 (25/02/2021)



Foto nº 81 – Armadura exposta Laje L75 (25/02/2021)



Foto nº 82 – Infiltração e corrosão de armaduras em Laje L77 (25/02/2021)



Foto nº 83 – Infiltração e corrosão de armaduras em Laje L78 (19/11/2013)



Foto nº 84 – Infiltração e corrosão de armaduras em Laje L78 (25/02/2021)



Foto nº 85 – Sinais de infiltração na Laje L79 (19/11/2013)



Foto nº 86 – Sinais de infiltração na Laje L79 (25/02/2021)



Foto nº 87 – Infiltração e corrosão das armaduras L78 (25/02/2021)



Foto nº 88 – Corrosão das Amraduras da laje L79 (25/02/2021)



Foto nº 89 – Exposição e corrosão de armaduras na Parede C14 (19/11/2013)



Foto nº 90 – Exposição e corrosão de armaduras na Parede C14 (25/02/2021)



Foto nº 91 – Exposição da armadura da viga V81 (25/02/2021)



Foto nº 92 – Início de exposição de armadura da laje L82 (19/11/2013)



Foto nº 93 – Início de exposição de armadura da laje L82 (25/02/2021)



Foto nº 94 – Abertura com início de exposição da armadura do pilar P14 (19/11/2013)



Foto nº 95 – Abertura com início de exposição da armadura do pilar P14 (25/02/2021)



Foto nº 96 – Abertura com início de exposição da armadura do pilar P14 (25/02/2021)



Foto nº 97 – Abertura com início de exposição da armadura do pilar P14 (25/02/2021)



Foto nº 98 – Exposição e Corrosão de armaduras na parede C14 (25/02/2021)



Foto nº 99 – Infiltração na Laje L82 (25/02/2021)



**Foto nº 100 – Furo inacabado, segregação de concreto e exposição da armaduras no cruzamento das vigas V38
(19/11/2013)**



**Foto nº 101 – Furo inacabado, segregação de concreto e exposição da armaduras no cruzamento das vigas V38
(25/02/2021)**



**Foto nº 102 – Furo inacabado, segregação de concreto e exposição da armaduras no cruzamento das vigas V38
(25/02/2021)**



**Foto nº 103 – Furo inacabado, segregação de concreto e exposição da armaduras no cruzamento das vigas V38
(25/02/2021)**



Foto nº 104 – Fissura com sinais de infiltração na laje L55 (19/11/2013)



Foto nº 105 – Fissura com sinais de infiltração na laje L55 (25/02/2021)



Foto nº 106 – Fissura com sinais de infiltração na parede de contenção C8 (19/11/2013)



Foto nº 107 – Fissura com sinais de infiltração na parede de contenção C8 (25/02/2021)



Foto nº 108 – Fissura com sinais de infiltração na parede de contenção C8 (25/02/2021)



Foto nº 109 – Corrosão de Armadura na viga V33 (19/11/2013)



Foto nº 110 – Corrosão de Armadura na viga V33 (25/02/2021)



Foto nº 111 – Corrosão de Armadura na viga V8 (19/11/2013)



Foto nº 112 – Corrosão de Armadura na viga V8 (25/02/2021)



Foto nº 113 – Exposição e Corrosão de Armadura na viga V36 (19/11/2013)



Foto nº 114 – Exposição e Corrosão de Armadura na viga V36 (25/02/2021)



Foto nº 115 – Infiltração e Corrosão de Armadura na Laje L16 (19/11/2013)



Foto nº 116 – Infiltração e Corrosão de Armadura na Laje L16 (25/02/2021)



Foto nº 117 – Exposição de armaduras na laje L17 (19/11/2013)



Foto nº 118 – Exposição de armaduras na laje L17 (25/02/2021)



Foto nº 119 – Exposição e corrosão de armaduras na laje L19 (19/11/2013)



Foto nº 120 – Exposição de armaduras na laje L19 (25/02/2021)



Foto nº 121 – Exposição de armaduras na laje L19 (25/02/2021)



Foto nº 122 – Abertura e Segregação de Concreto na laje L19 (19/11/2021)



Foto nº 123 – Abertura e Segregação de Concreto na laje L19 (25/02/2021)



Foto nº 124 – Exposição e corrosão de armaduras na laje L17 (19/11/2013)

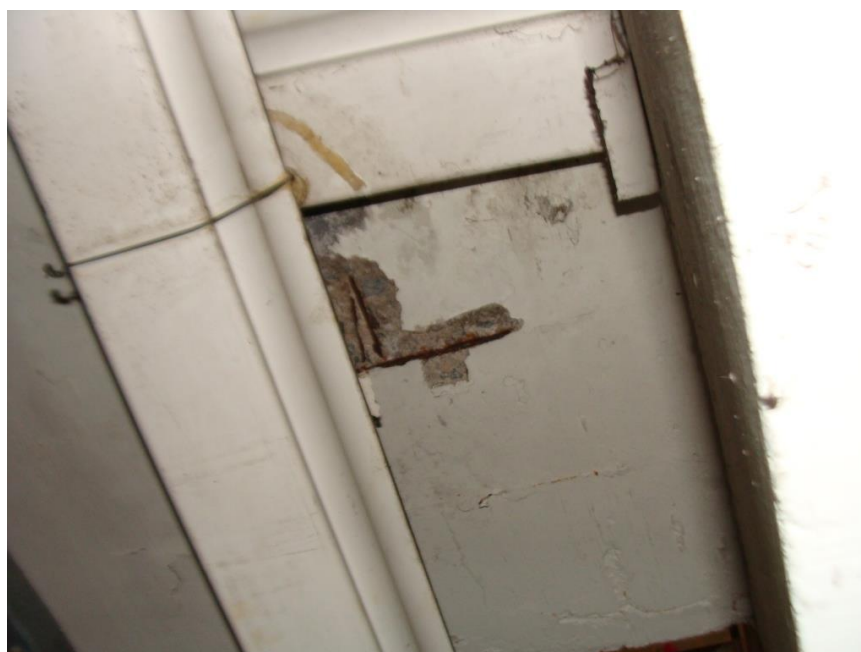


Foto nº 125 – Exposição e corrosão de armaduras na laje L17 (25/02/2021)



Foto nº 126 – Exposição e corrosão de armaduras na laje L17 (25/02/2021)



Foto nº 127 – Exposição e corrosão de armaduras na Viga V73 (25/02/2021)



Foto nº 128 – Exposição e corrosão de armaduras na laje L17 (25/02/2021)

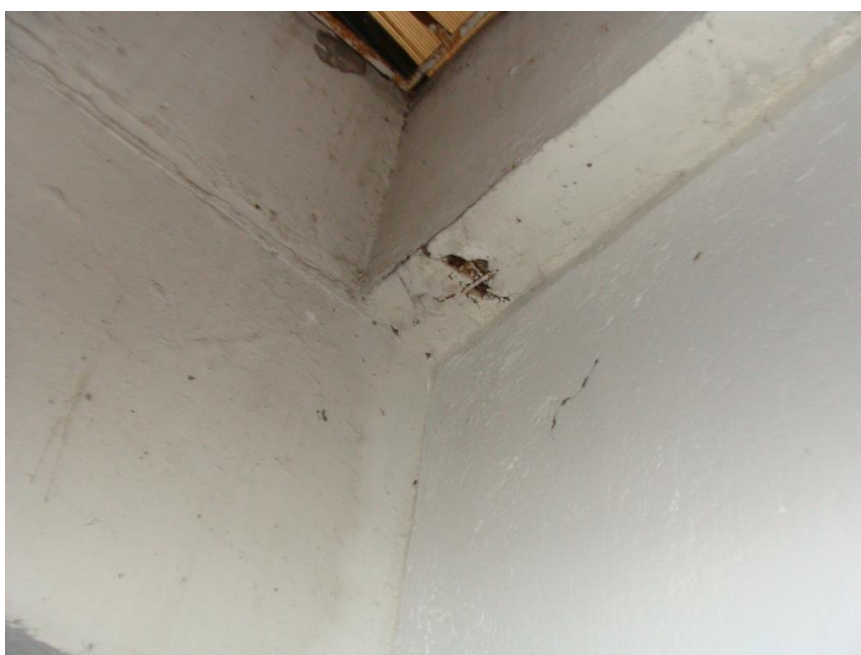


Foto nº 129 – Exposição e corrosão de armaduras na Laje L17 (25/02/2021)



Foto nº 130 – Sinais de Infiltração e formação de Estalactites na Laje L22 (19/11/2013)



Foto nº 131 – Sinais de Infiltração e formação de Estalactites na Laje L22 (25/02/2021)

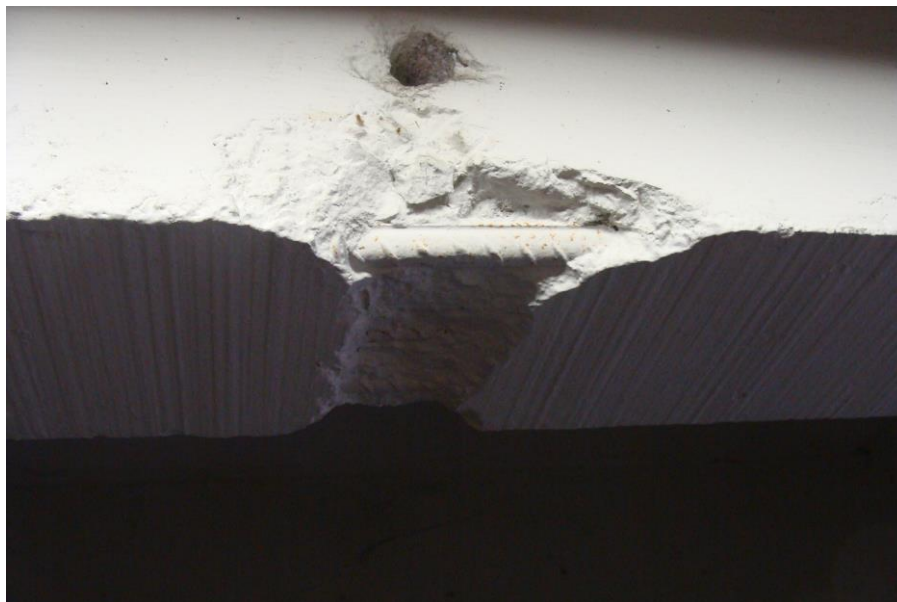


Foto nº 132 – Exposição de armaduras por intervenção irregular na viga V81 (19/11/2013)



Foto nº 133 – Exposição de armaduras por intervenção irregular na viga V81 (25/02/2021)



Foto nº 134 – Exposição de armaduras por intervenção irregular na viga V81 (19/11/2013)



Foto nº 135 – Exposição de armaduras por intervenção irregular na viga V81 (25/02/2021)



Foto nº 136 – Sinais de Infiltração e fissuração na Viga V83 (19/11/2013)



Foto nº 137 – Sinais de Infiltração e fissuração na Viga V83 (25/02/2021)



Foto nº 138 – Exposição e corrosão de armaduras da laje L23 (19/11/2013)



Foto nº 139 – Exposição e corrosão de armaduras da laje L23 (25/02/2021)



Foto nº 140 – Exposição e corrosão de armaduras da laje L23 (19/11/2013)



Foto nº 141 – Exposição e corrosão de armaduras da laje L23 (25/02/2021)



Foto nº 142 – Exposição e corrosão de armaduras da laje L23 (19/11/2013)



Foto nº 143– Exposição e corrosão de armaduras da laje L23 (25/02/2021)



Foto nº 144 – Exposição da Armadura da Laje L27 (19/11/2013)



Foto nº 145 – Exposição da Armadura da Laje L27 (01/03/2021)



Foto nº 146 – Abertura Irregular na seção transversal do Pilar P9 (19/11/2013)



Foto nº 147 – Abertura Irregular na seção transversal do Pilar P9 (01/03/2021)



Foto nº 148 – Abertura Irregular na seção transversal do Pilar P9 (19/11/2013)



Foto nº 149 – Abertura Irregular na seção transversal do Pilar P9 (01/03/2021)



Foto nº 150 – Exposição e Corrosão de armaduras na Laje L27 (19/11/2013)



Foto nº 151 – Exposição e Corrosão de armaduras na Laje L27 (01/03/2021)



Foto nº 152 – Sinais de Infiltração com carreamento de corrosão da Viga V71 (19/11/2013)



Foto nº 153 – Sinais de Infiltração com carreamento de corrosão da Viga V71 (01/03/2021)



Foto nº 154 – Sinais de Infiltração com carreamento de corrosão da parede cisterna (01/03/2021)



Foto nº 155 – Exposição e Corrosão de armaduras da Laje L25 (19/11/2013)



Foto nº 156 – Exposição e Corrosão de armaduras da Laje L25 (01/03/2021)



Foto nº 157 – Infiltração e corrosão na Viga V34 (01/03/2021)



Foto nº 158 – Corrosão na Laje L25 (01/03/2021)



Foto nº 159 – Sinais de infiltração em abertura na laje compreendida entre C2, V34, V52 e C6 (19/11/2013)



Foto nº 160 – Sinais de infiltração em abertura na laje compreendida entre C2, V34, V52 e C6 (01/03/2021)



Foto nº 161 – Sinais de infiltração em abertura na laje compreendida entre C2, V34, V52 e C6 (01/03/2021)



Foto nº 162 – Sinais de infiltração em abertura na laje compreendida entre C2, V34, V52 e C6 (01/03/2021)



Foto nº 163 – Sinais de infiltração em abertura na laje compreendida entre C2, V34, V52 e C6 (19/11/2013)



Foto nº 164 – Sinais de infiltração em abertura na laje compreendida entre C2, V34, V52 e C6 (01/03/2021)



Foto nº 165 – Início de exposição de abertura na laje L8 (19/11/2013)



Foto nº 166 – Início de exposição de abertura na laje L8 (01/03/2021)



Foto nº 167 – Início de exposição de abertura na laje L9 (19/11/2013)



Foto nº 168 – Início de exposição de abertura na laje L9 (01/03/2021)



Foto nº 169 – Início de exposição de abertura na laje L8 (19/11/2013)



Foto nº 170 – Início de exposição de abertura na laje L8 (01/03/2021)



Foto nº 171 – Início de exposição de abertura na laje L8 (19/11/2013)



Foto nº 172 – Início de exposição de abertura na laje L8 (01/03/2021)



Foto nº 173 – Sinais de infiltração com carreamento de corrosão na laje L7 (19/11/2013)

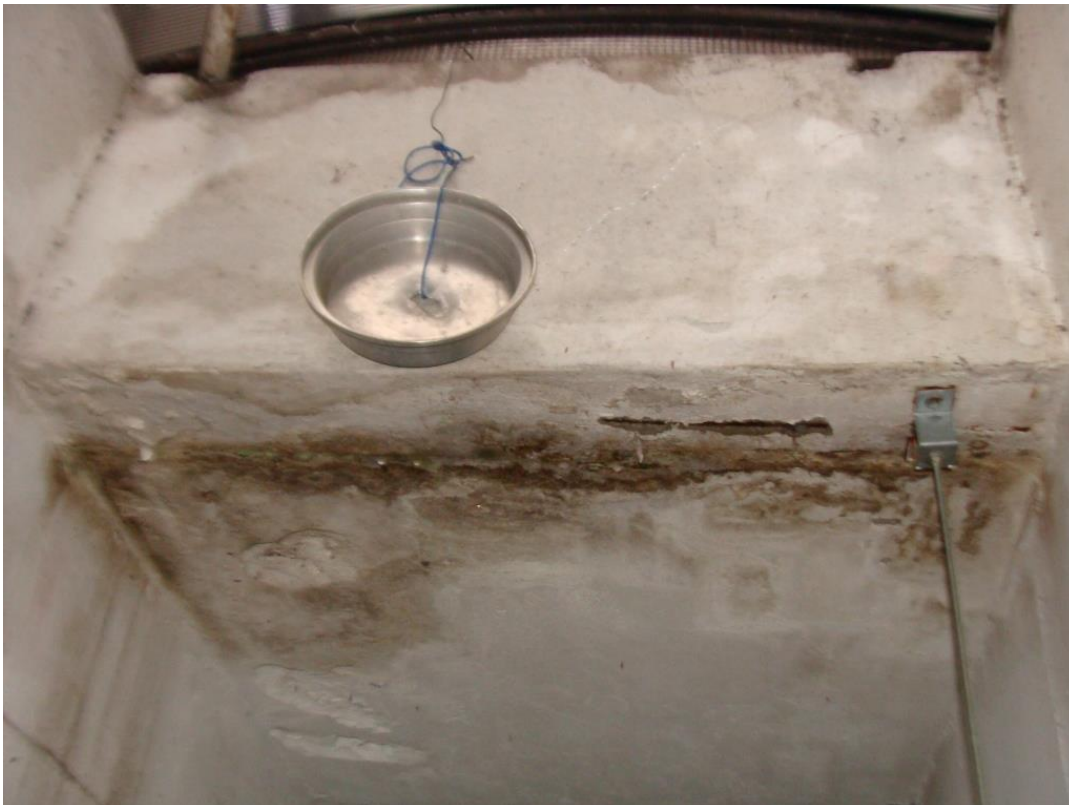


Foto nº 174 – Sinais de infiltração com carreamento de corrosão na laje L7 (01/03/2013)



Foto nº 175 – Sinais de infiltração com carreamento de corrosão na laje L8 (01/03/2021)



Foto nº 176 – Sinais de infiltração com carreamento de corrosão na laje L8 (01/03/2021)



Foto nº 177 – Sinais de infiltração com carreamento de corrosão na laje L8 (01/03/2021)



Foto nº 178 – Corrosão na Viga V50 (01/03/2021)



Foto nº 179 – Infiltração na junta (01/03/2021)



Foto nº 180 – Exposição e corrosão na armadura da parede P6 (19/02/2013)



Foto nº 181 – Exposição e corrosão na armadura da parede P6 (01/03/2021)



Foto nº 182 – Exposição e corrosão na armadura da Laje L2 (19/11/2013)



Foto nº 183 – Exposição e corrosão na armadura da Laje L2 (01/03/2021)

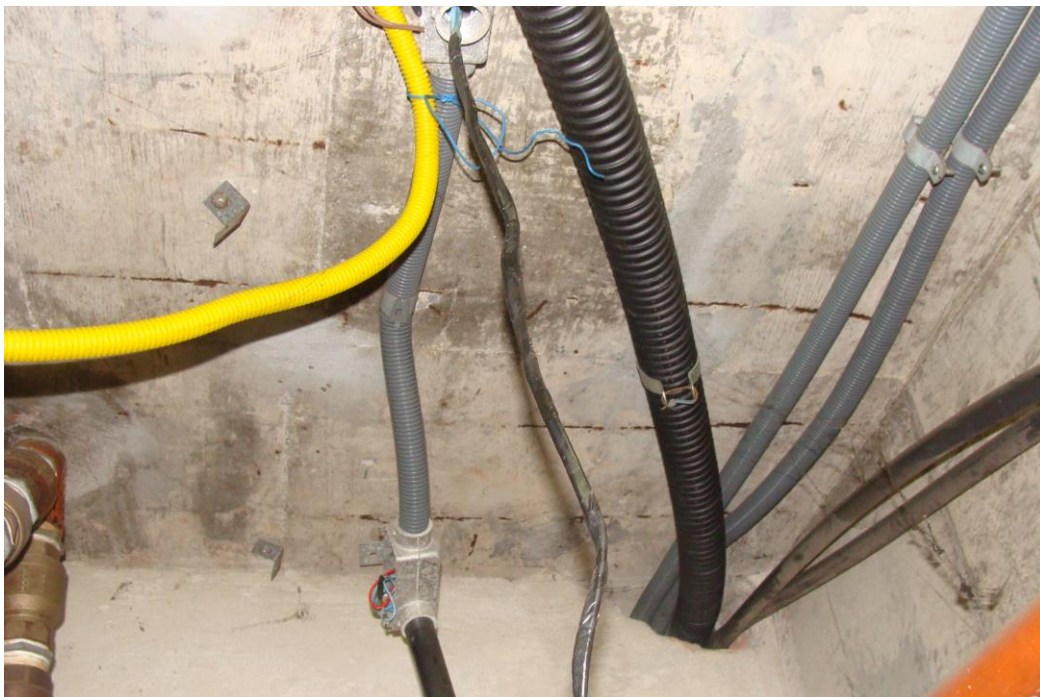


Foto nº 184 – Exposição e corrosão na armadura da Laje L2 (19/11/2013)

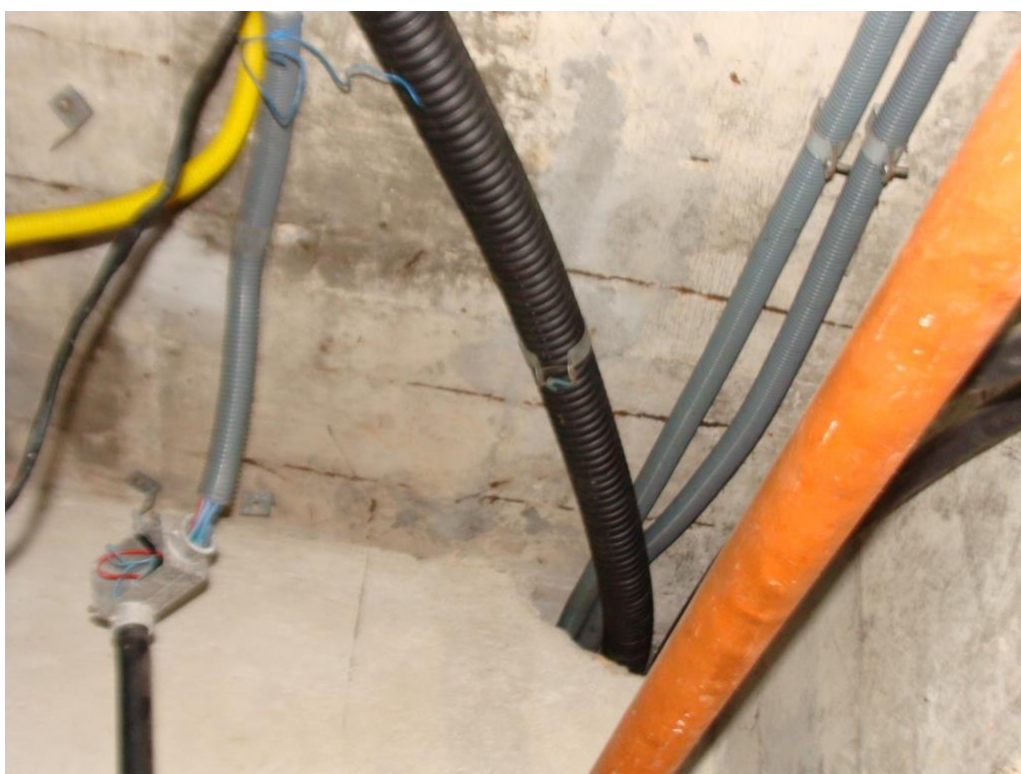


Foto nº 185 – Exposição e corrosão na armadura da Laje L2 (19/11/2013)



Foto nº 186 – Exposição e corrosão na armadura da Laje L2 (19/11/2013)

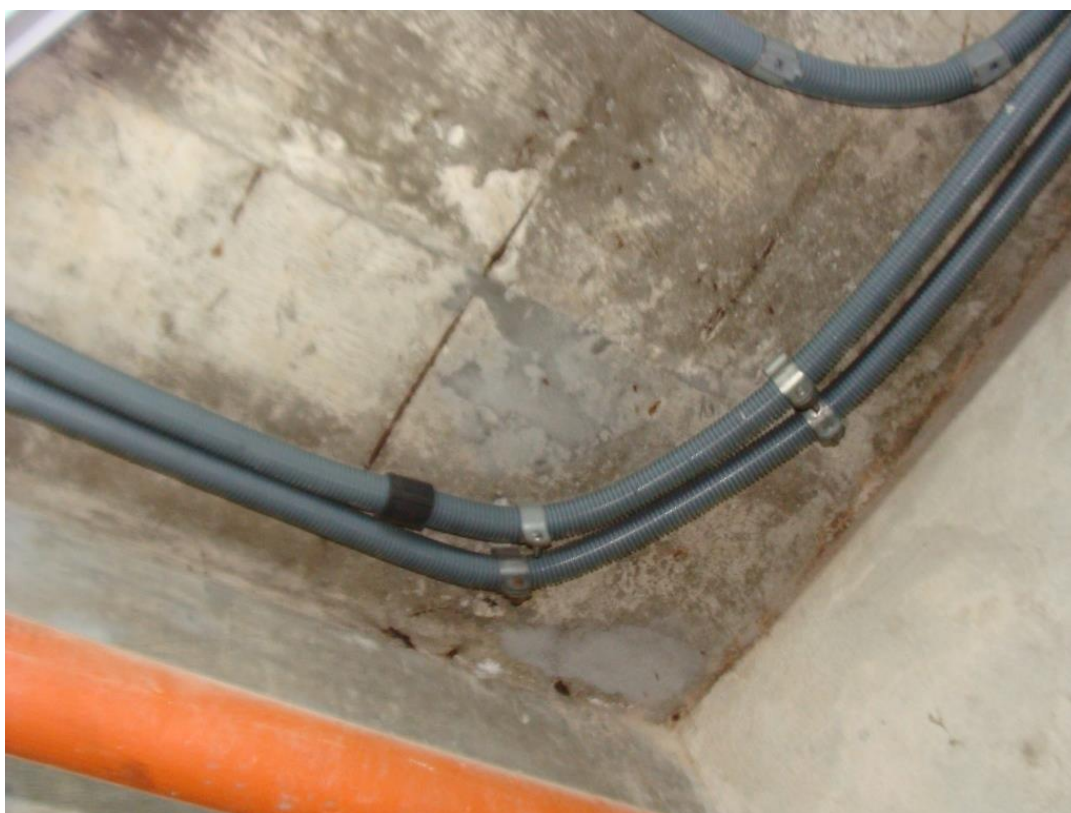


Foto nº 187 – Exposição e corrosão na armadura da Laje L2 (01/03/2021)



Foto nº 188 – Exposição e corrosão na armadura da Laje L4 (19/11/2013)



Foto nº 189 – Exposição e corrosão na armadura da Laje L2 (01/03/2021)



Foto nº 190 – Exposição e corrosão na armadura da Laje L2 (19/11/2013)



Foto nº 191 – Exposição e corrosão na armadura da Laje L2 (19/11/2013)



Foto nº 192 – Exposição e corrosão na armadura da Laje L4 (19/11/2013)



Foto nº 193 – Exposição e corrosão na armadura da Laje L2 (19/11/2013)



Foto nº 194 – Exposição e corrosão na armadura da Laje L2 (19/11/2013)



Foto nº 195 – Exposição e corrosão na armadura da Laje L2 (01/03/2021)

As fotos de 196 a 237 são referentes ao Barrilete, Casa de Máquinas e Caixa D'água



Foto nº 196 – Infiltração na laje do fundo da caixa d'água (19/11/2013)



Foto nº 197 – Infiltração na laje do fundo da caixa d'água (02/03/2021)



Foto nº 198 – Exposição e corrosão de armaduras da viga V7 (19/11/2013)



Foto nº 199 – Exposição e corrosão de armaduras da viga V7 (02/03/2021)



Foto nº 200 – Exposição e corrosão de armaduras da viga V7 (19/11/2013)



Foto nº 201 – Exposição e corrosão de armaduras da viga V7 (02/03/2021)



Foto nº 202 – Exposição e corrosão de armaduras da viga V7 (19/11/2013)



Foto nº 203 – Exposição e corrosão de armaduras da viga V7 (02/03/2021)



Foto nº 204 – Estalagmite formada pela infiltração da caixa d'água (19/11/2013)



Foto nº 205 – Estalagmite formada pela infiltração da caixa d'água (02/03/2021)



Foto nº 206 – Sinais de infiltração na junção da parede com a laje (19/11/2013)



Foto nº 207 – Sinais de infiltração na junção da parede com a laje (02/03/2021)



Foto nº 208 – Exposição e corrosão das armaduras da laje do fundo da caixa d’água (02/03/2021)



Foto nº 209 – Estalactite formada pela infiltração da caixa d’água (02/03/2021)



Foto nº 210 – Corrosão escada de acesso a casa de máquinas (02/03/2021)



Foto nº 211 – Corrosão das armaduras da parede com a caixa d'água (19/11/2013)



Foto nº 212 – Corrosão das armaduras da parede com a caixa d'água (02/03/2021)

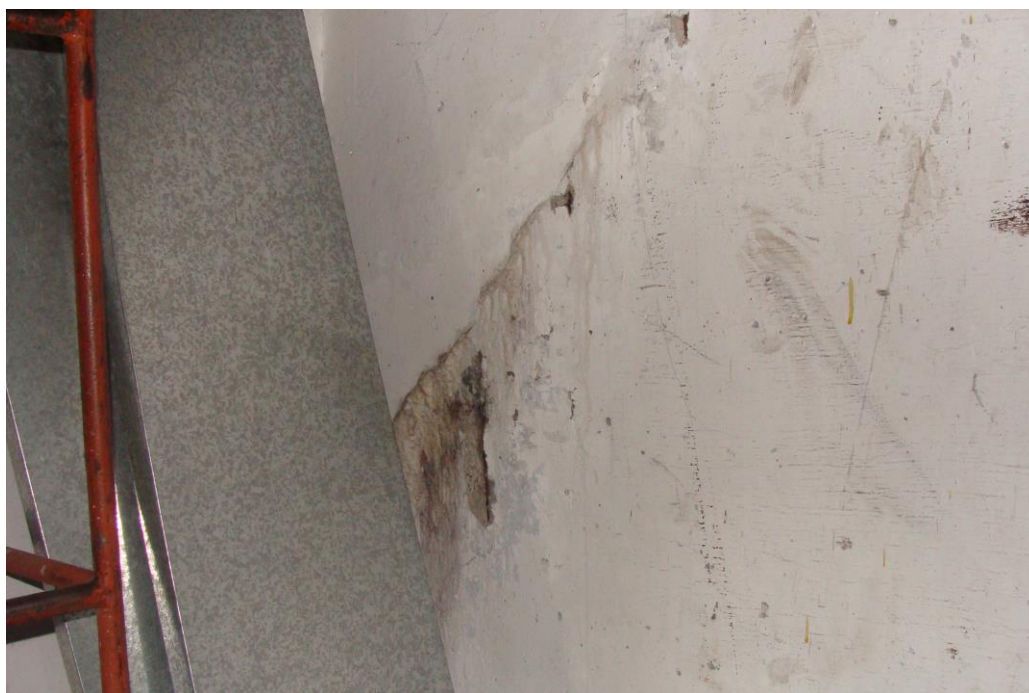


Foto nº 213 – Fissura na parede da caixa d'água (19/11/2013)



Foto nº 214 – Fissura na parede da caixa d’água (02/03/2021)



Foto nº 215 – Fissura da laje no Teto da casa de máquinas (19/11/2013)



Foto nº 216 – Fissura da laje no Teto da casa de máquinas (02/03/2021)



Foto nº 217 – Fissura da laje no Teto da casa de máquinas (02/03/2021)

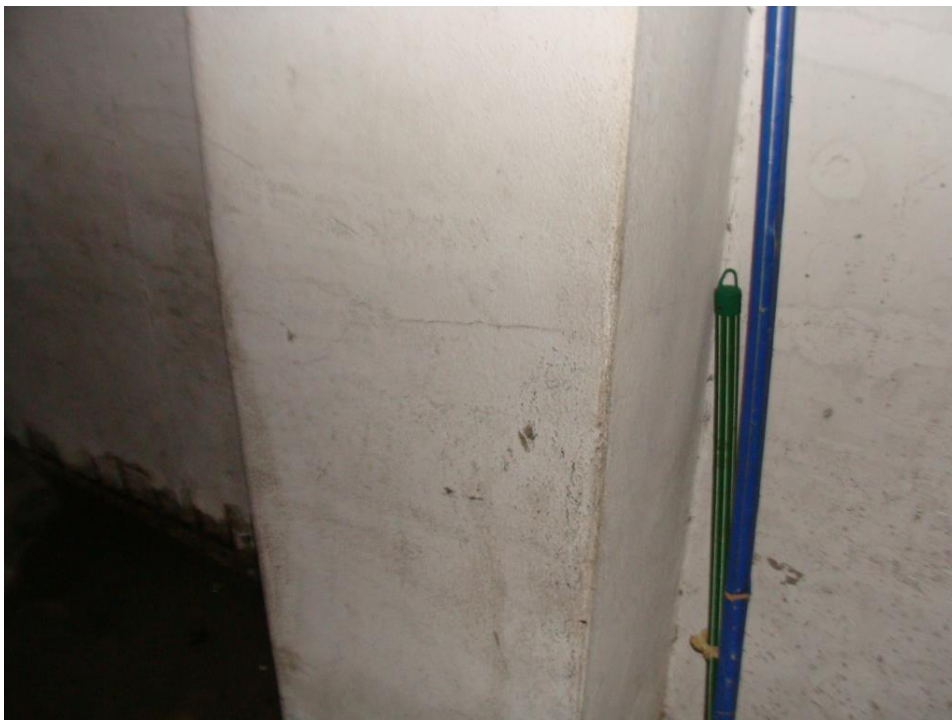


Foto nº 218 – Fissura no pilar P15 (02/03/2021)



Foto nº 219 – Fissura na parede da caixa d'água (19/11/2013)



Foto n° 220 – Fissura na parede da caixa d'água e fissura no pilar (02/03/2021)



Foto n° 221 – Fissura na parede da caixa d'água (02/03/2021)



Foto nº 222 – Exposição e corrosão de armaduras no teto da casa de máquinas (19/11/2013)



Foto nº 223 – Exposição e corrosão de armaduras no teto da casa de máquinas (02/03/2021)



Foto nº 224 – Fissura na Laje da cobertura da casa de máquinas (02/03/2021)



Foto nº 225 – Fissura na Laje da cobertura da casa de máquinas (02/03/2021)



Foto nº 226 – Descolamento alvenaria (02/03/2021)



Foto nº 227 – Corrosão das amaduras do teto da caixa d'água (19/11/2013)



Foto nº 228 – Corrosão das amaduras do teto da caixa d'água (02/03/2021)



Foto nº 229 – Corrosão das armaduras do teto da caixa d'água (19/11/2013)



Foto nº 230 – Corrosão das armaduras do teto da caixa d'água (02/03/2021)



Foto nº 231 – Corrosão das Armaduras do teto da caixa d'água (19/11/2013)



Foto nº 232– Corrosão das Armaduras do teto da caixa d'água (02/03/2021)



Foto nº 233– Corrosão das Armaduras do teto da caixa d'água (02/03/2021)



Foto nº 234– Corrosão das Armaduras do teto da caixa d'água (02/03/2021)



Foto nº 235– Fissura na parede (02/03/2021)



Foto nº 236– Vista Cobertura (02/03/2021)

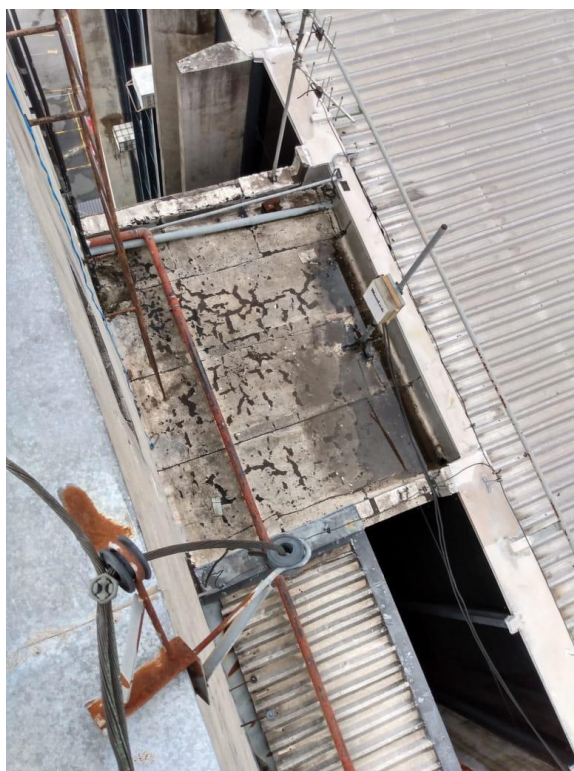


Foto nº 237– Vista Cobertura (02/03/2021) manta sem proteção mecânica

As fotos de 238 a 357 são referentes as Fachadas do Prédio



Foto nº 238 – Armadura exposta pilar P11 (Térreo) (19/11/2013)



Foto nº 239 – Armadura exposta pilar foi oculto pela manta P11 (Térreo) (02/03/2021)



Foto nº 240 – Armadura exposta pilar P11 (Térreo) (19/11/2013)



Foto nº 241 – Armadura exposta oculto pela manta pilar P11 (Térreo) (02/03/2021)



Foto nº 242 – Armadura exposta pilar P11(1º pavimento) (19/11/2013)



Foto nº 243 – Armadura exposta pilar P11(1º pavimento) (02/03/2021)

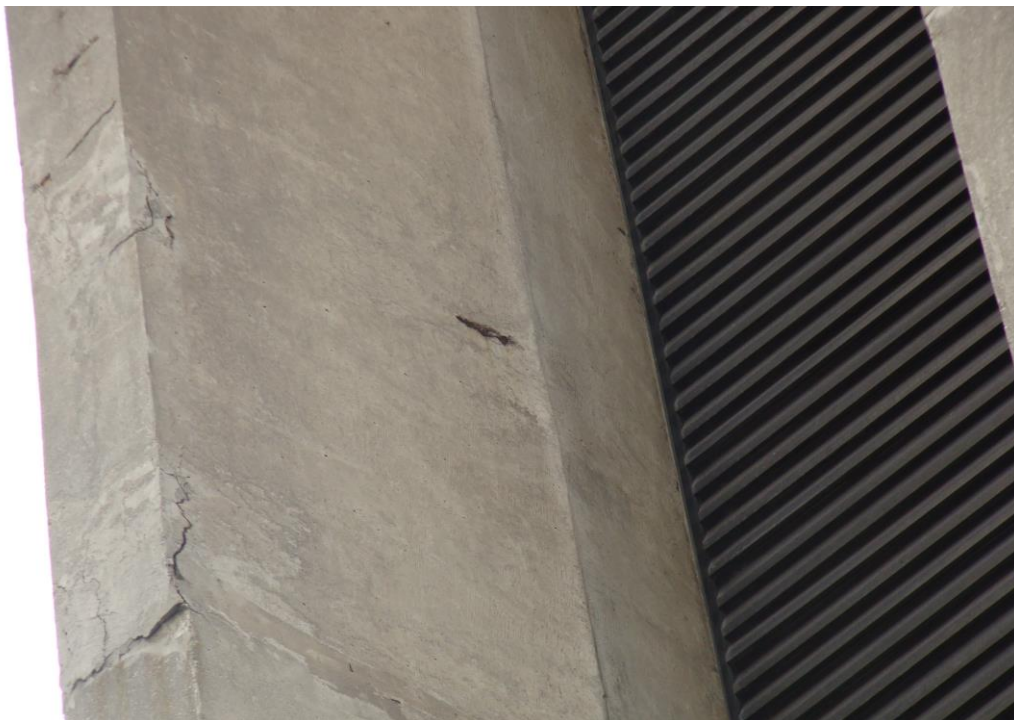


Foto nº 244 – Armadura exposta pilar P11 (2º pavimento) (19/11/2013)

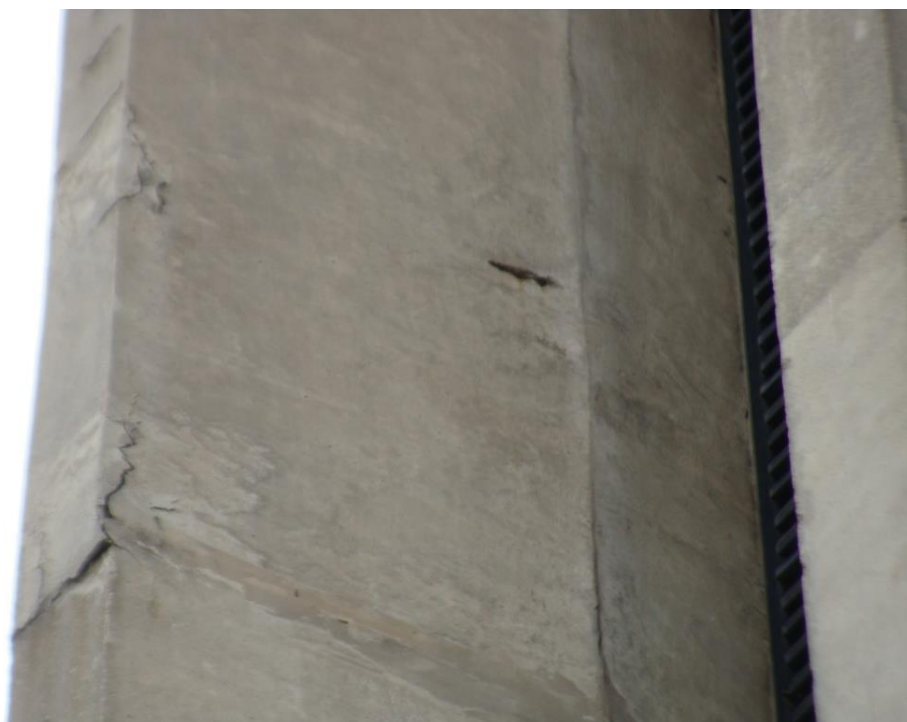


Foto nº 245 – Armadura exposta pilar P11 (2º pavimento) (02/03/2021)



Foto nº 246 – Armadura exposta pilar P11 (2º pavimento) (19/11/2013)



Foto nº 247 – Armadura exposta pilar P11 (2º pavimento) (02/03/2021)

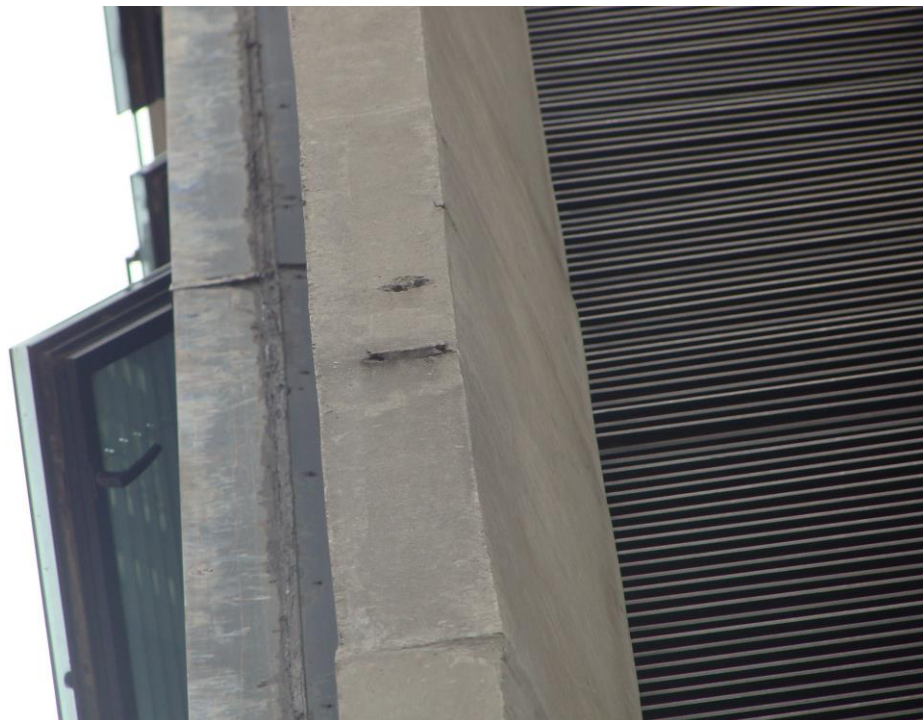


Foto nº 248 – Armadura exposta pilar P11 (3º pavimento) (19/11/2013)



Foto nº 249 – Armadura exposta pilar P11 (3º pavimento) (02/03/2021)

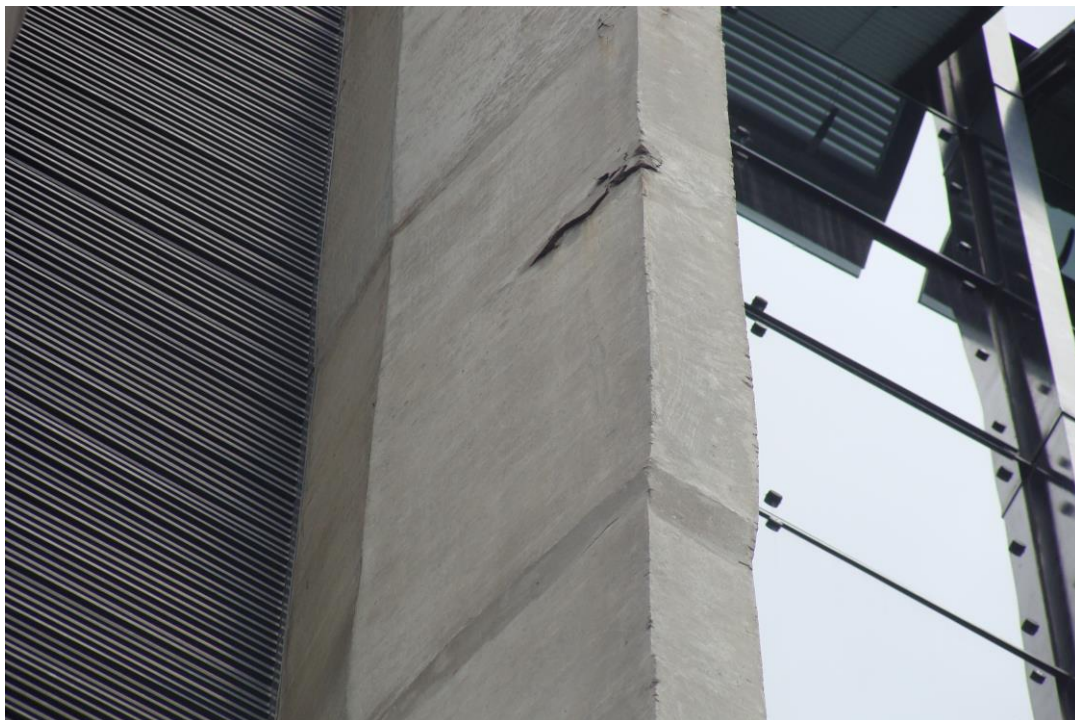


Foto nº 250 – Armadura exposta pilar P11 (5º pavimento) (19/11/2013)

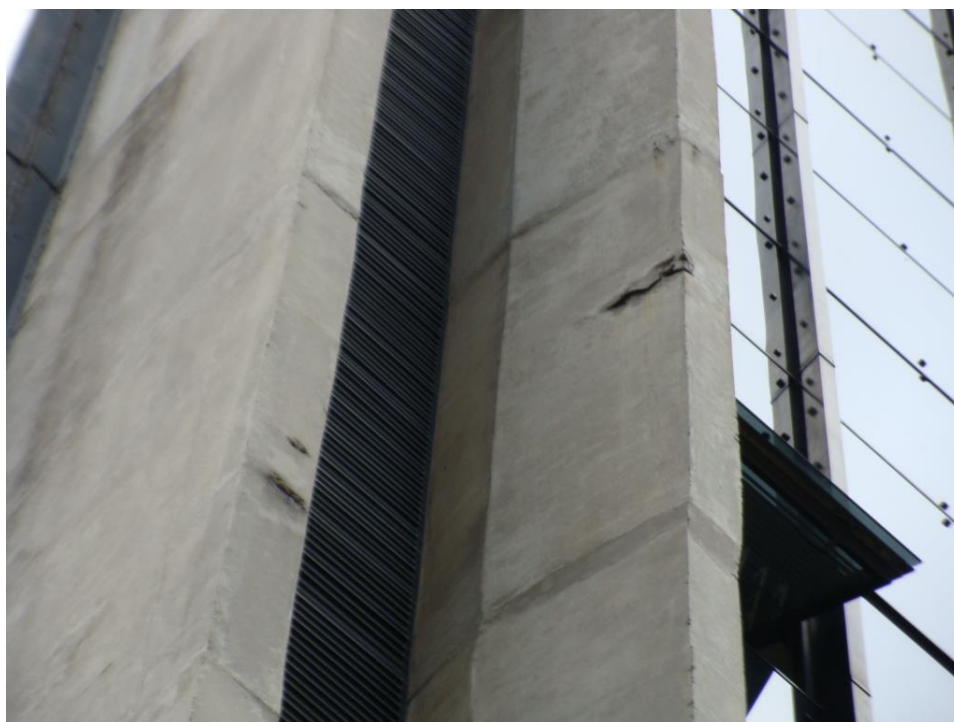


Foto nº 251 – Armadura exposta pilar P11 (5º pavimento) (02/03/2021)



Foto nº 252 – Corrosão Armadura pilar P11 (10º pavimento) (19/11/2013)



Foto nº 253 – Corrosão Armadura pilar P11 (10º pavimento) (02/03/2021)

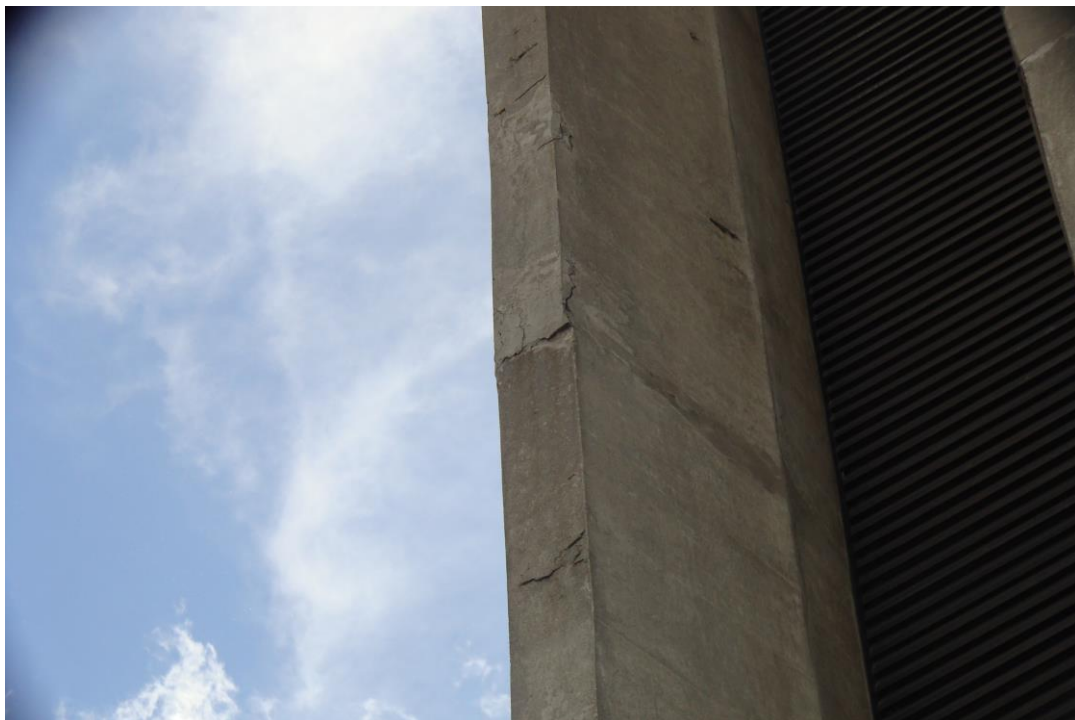


Foto nº 254 – Armadura exposta pilar P11 (9º pavimento) (19/11/2013)

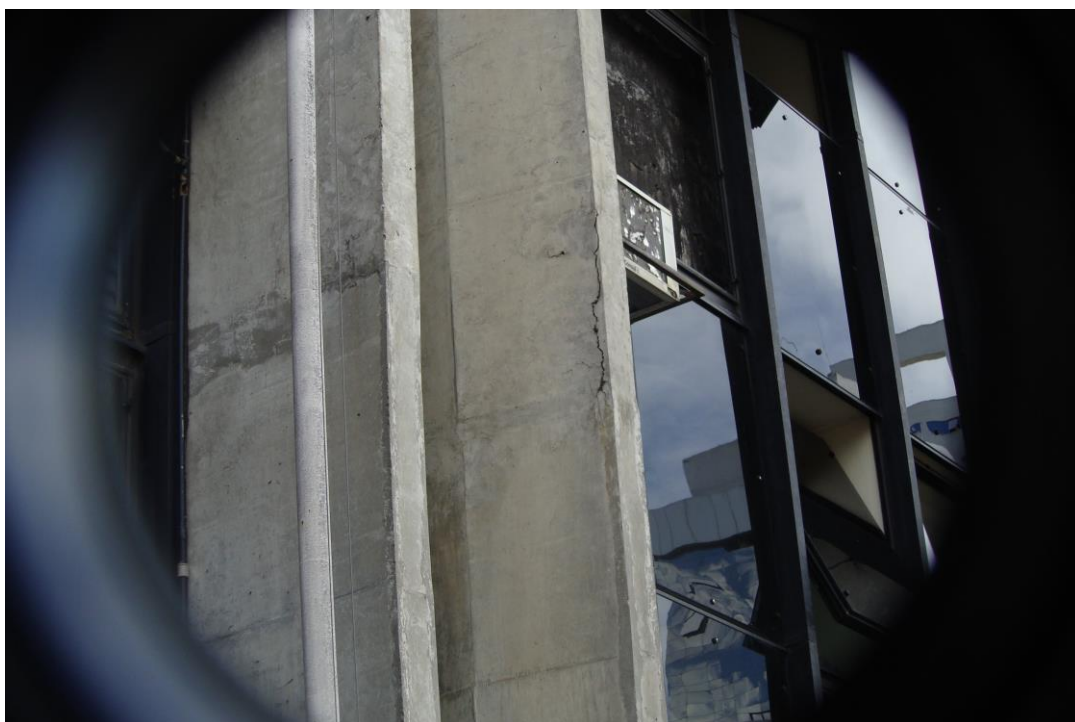


Foto nº 255 – Armadura exposta pilar P12 (1º pavimento) (19/11/2013)

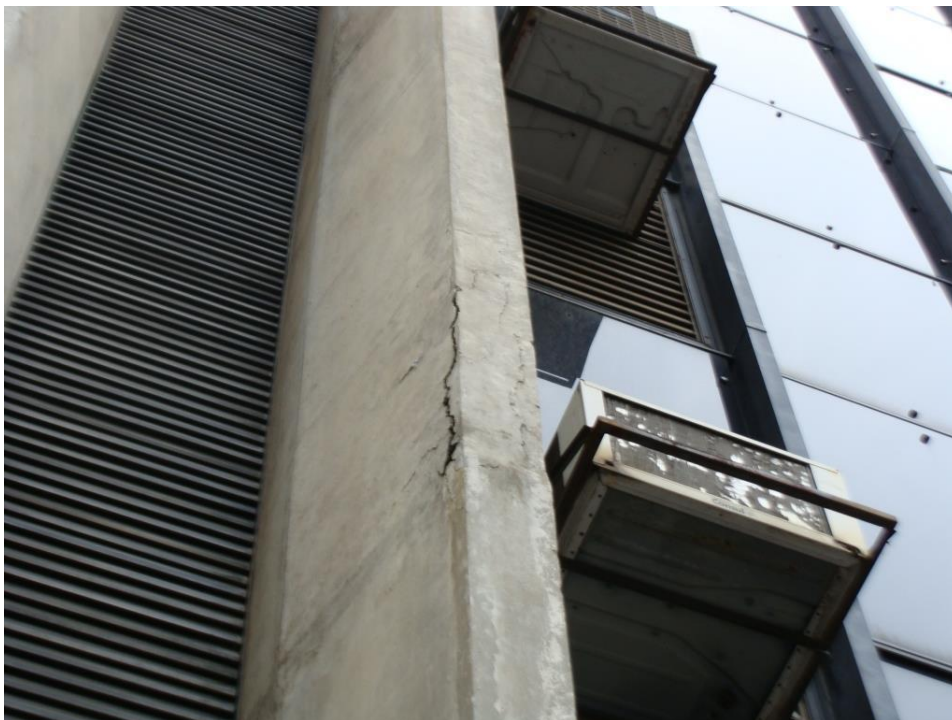


Foto nº 256 – Armadura exposta pilar P12 (1º pavimento) (02/03/2021)

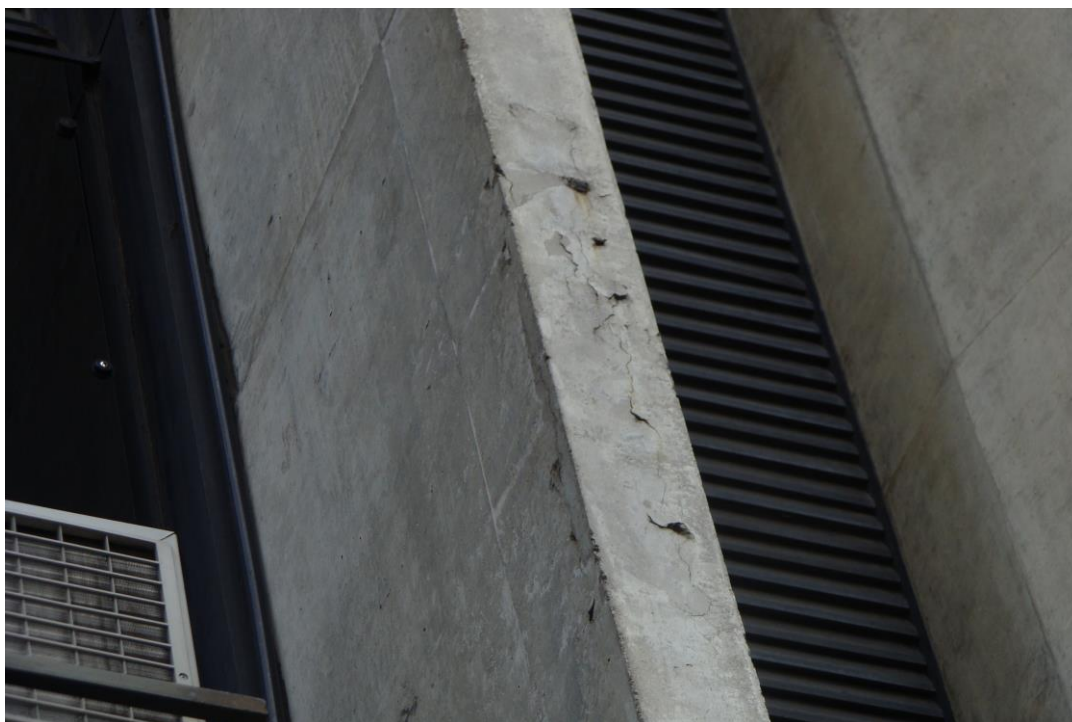


Foto nº 257 – Armadura exposta pilar P12 (4º pavimento) (19/11/2013)

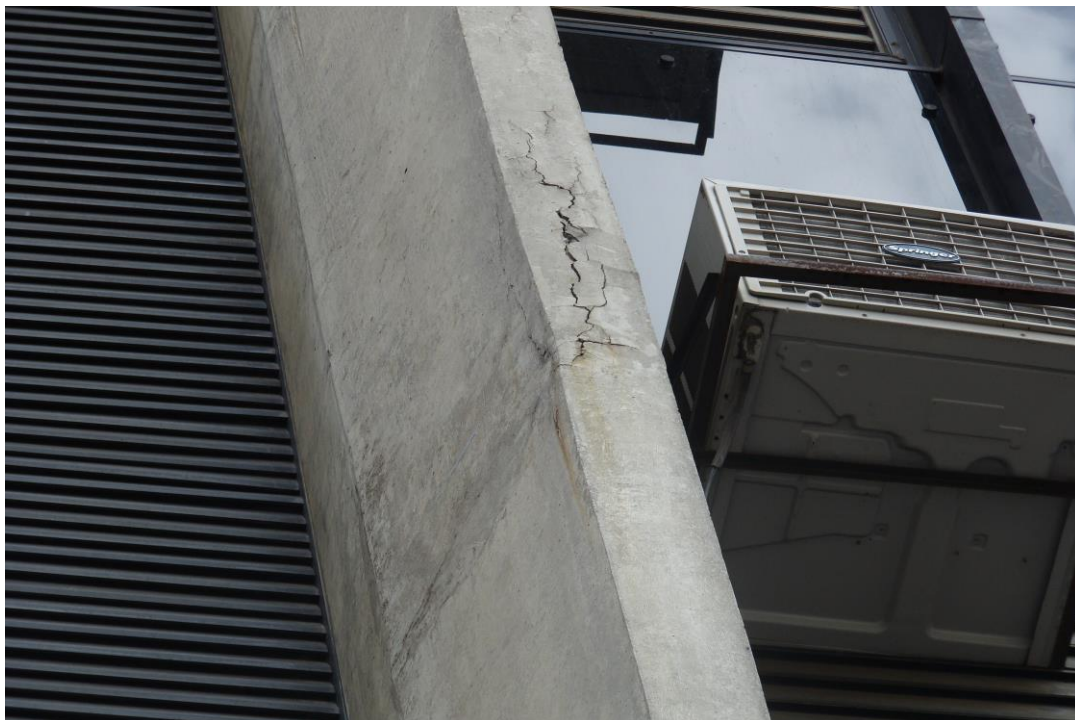


Foto nº 258 – Armadura exposta pilar P12 (2º pavimento) (02/03/2021)

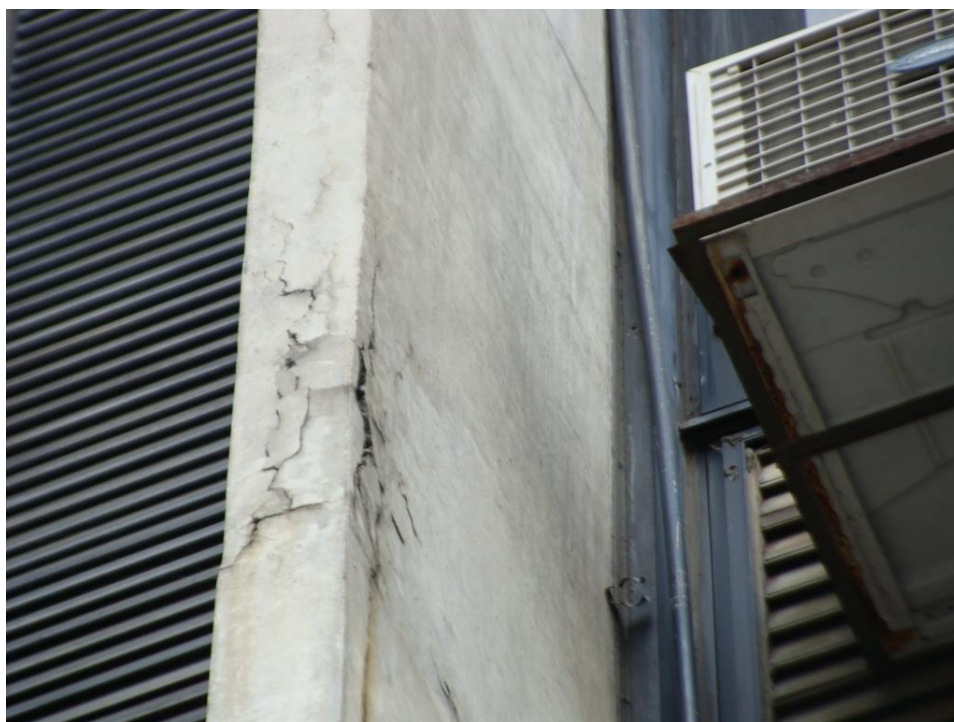


Foto nº 259 – Armadura exposta pilar P12 (2º pavimento) (02/03/2021)



Foto nº 260 – Armadura exposta pilar P12 (Térreo) (19/11/2013)



Foto nº 261 – Armadura exposta pilar P12 (Térreo) (02/03/2021)



Foto nº 262 – Armadura exposta pilar P12 (5º pavimento) (19/11/2013)



Foto nº 263 – Armadura exposta pilar P12 (5º pavimento) (02/03/2021)



Foto nº 264 – Armadura exposta pilar P12 (3º pavimento) (19/11/2013)



Foto nº 265 – Armadura exposta pilar P12 (5º pavimento) (19/11/2013)

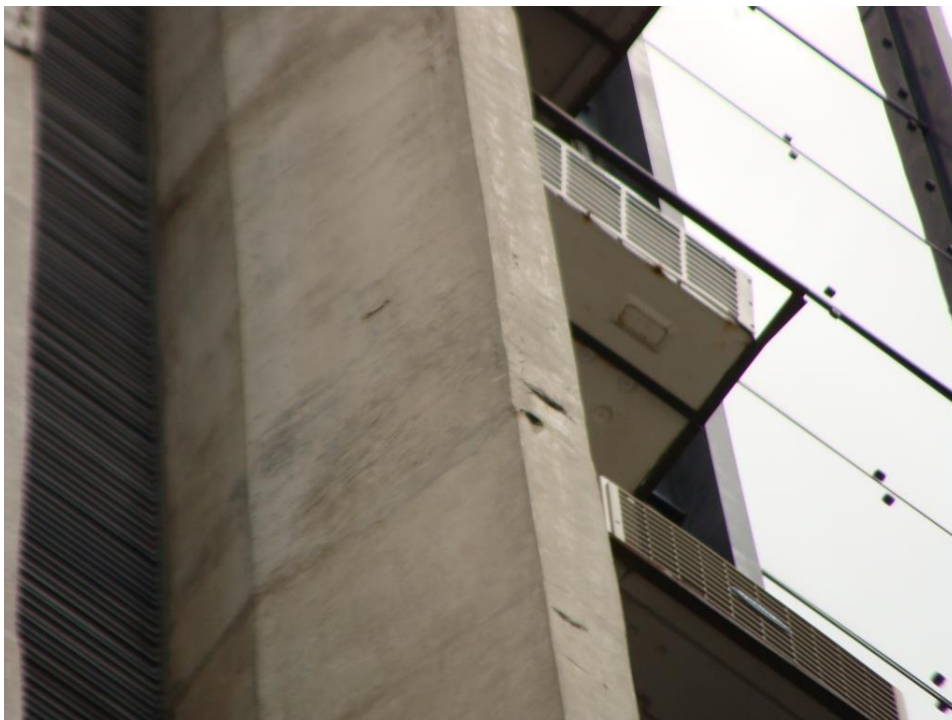


Foto nº 266 – Armadura exposta pilar P12 (5º pavimento) (02/03/2021)

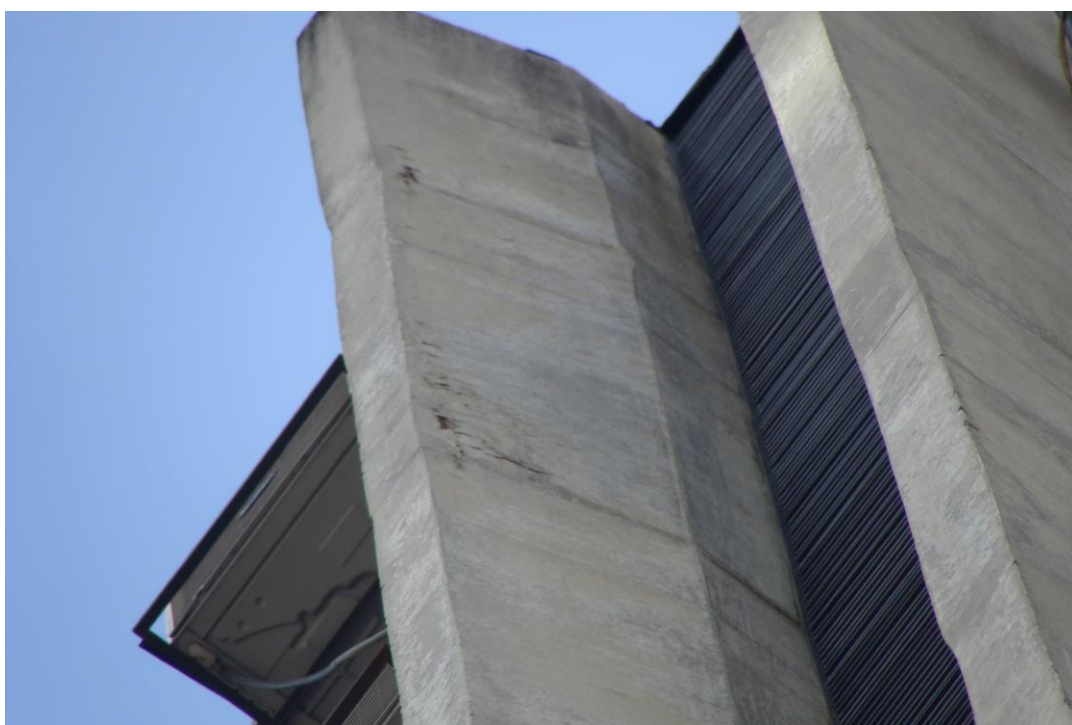


Foto nº 267 – Armadura exposta pilar P12 (10º pavimento) (19/11/2013)



Foto nº 268 – Armadura exposta pilar P12 (10º pavimento) (02/03/2021)



Foto nº 269 – Armadura exposta pilar P12 (1º pavimento) (02/03/2021)

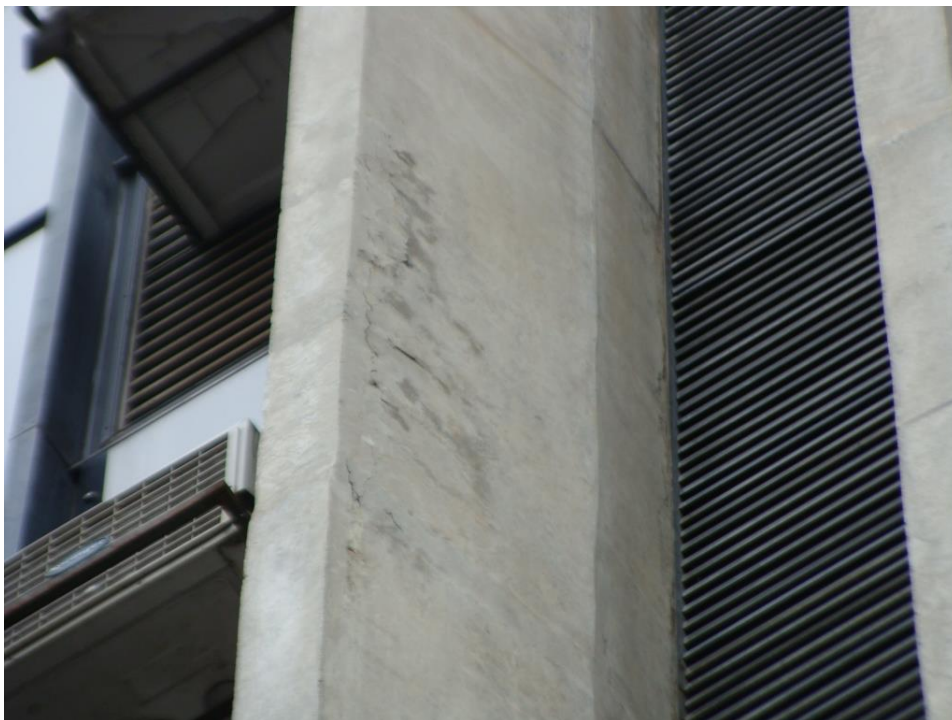


Foto nº 270 – Armadura exposta pilar P12 (3º pavimento) (02/03/2021)

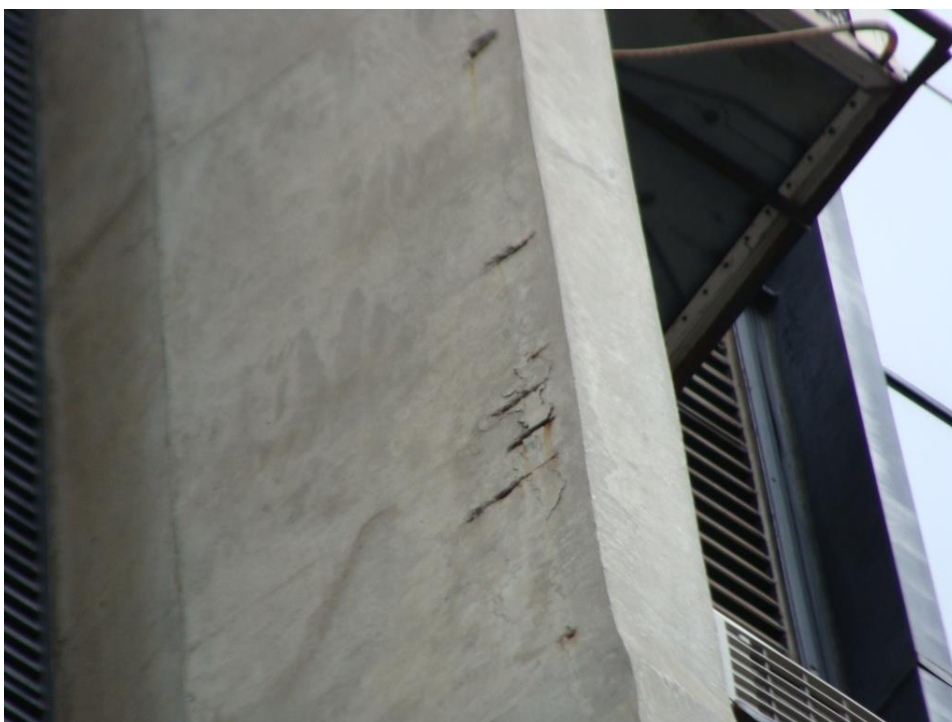


Foto nº 271 – Armadura exposta pilar P12 (3º pavimento) (02/03/2021)

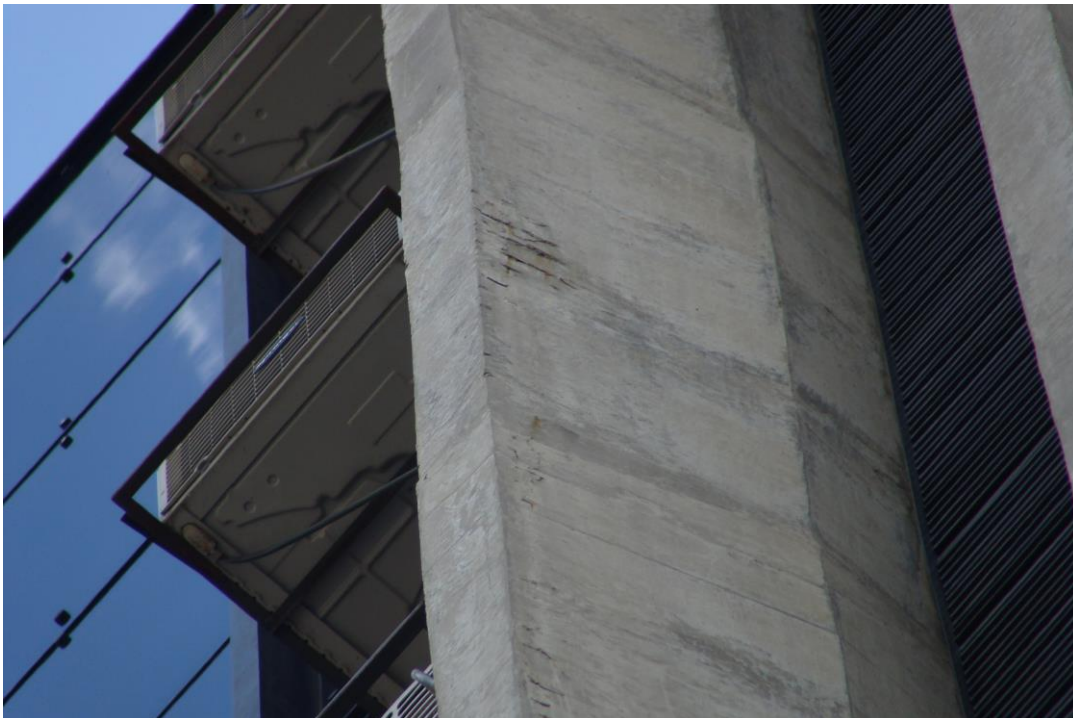


Foto nº 272 – Armadura exposta pilar P12 (9º pavimento) (19/11/2013)



Foto nº 273 – Armadura exposta pilar P12 (9º pavimento) (19/11/2013)



Foto nº 274 – Armadura exposta pilar P12 (1º pavimento) (19/11/2013)

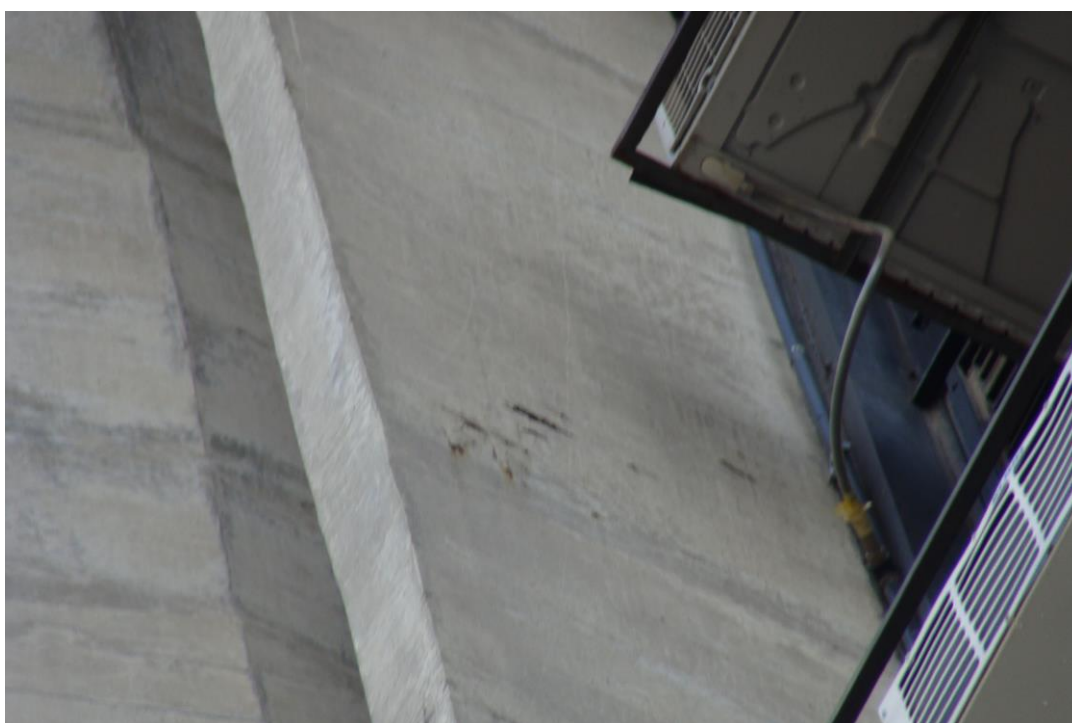


Foto nº 275 – Armadura exposta pilar P12 (1º pavimento) (19/11/2013)



Foto nº 276 – Armadura exposta pilar P13 (2º pavimento) (19/11/2013)



Foto nº 277 – Armadura exposta pilar P13 (2º pavimento) (02/03/2021)



Foto nº 278 – Armadura exposta pilar P11 (2º pavimento) (19/11/2013)



Foto nº 279 – Armadura exposta pilar P13 (2º pavimento) (19/11/2013)



Foto nº 280 – Armadura exposta pilar P13 (3º pavimento) (19/11/2013)

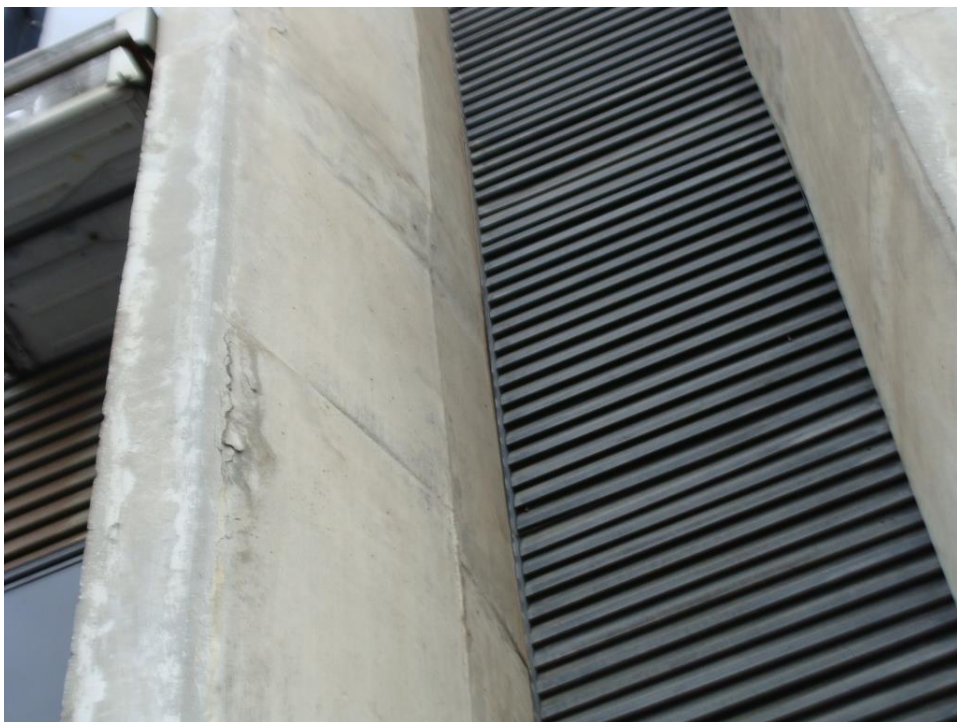


Foto nº 281 – Armadura exposta pilar P13 (3º pavimento) (02/03/2021)

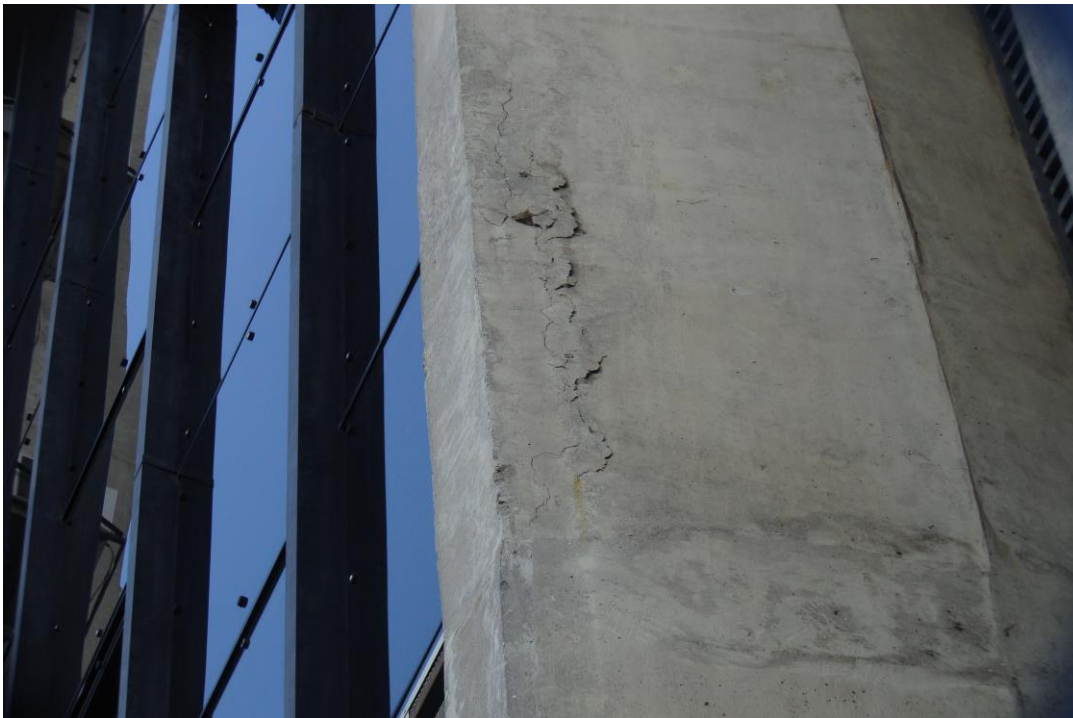


Foto nº 282 – Armadura exposta pilar P13 (1º pavimento) (19/11/2013)



Foto nº 283 – Armadura exposta pilar P13 (1º pavimento) (19/11/2013)

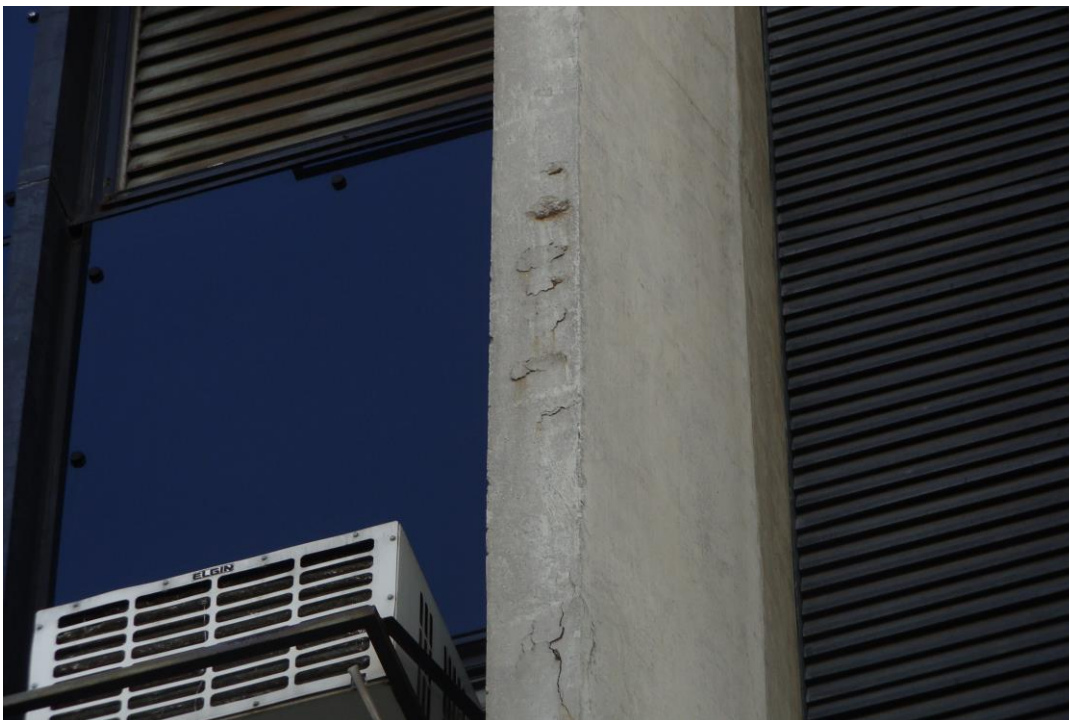


Foto nº 284 – Armadura exposta pilar P13 (2º pavimento) (19/11/2013)

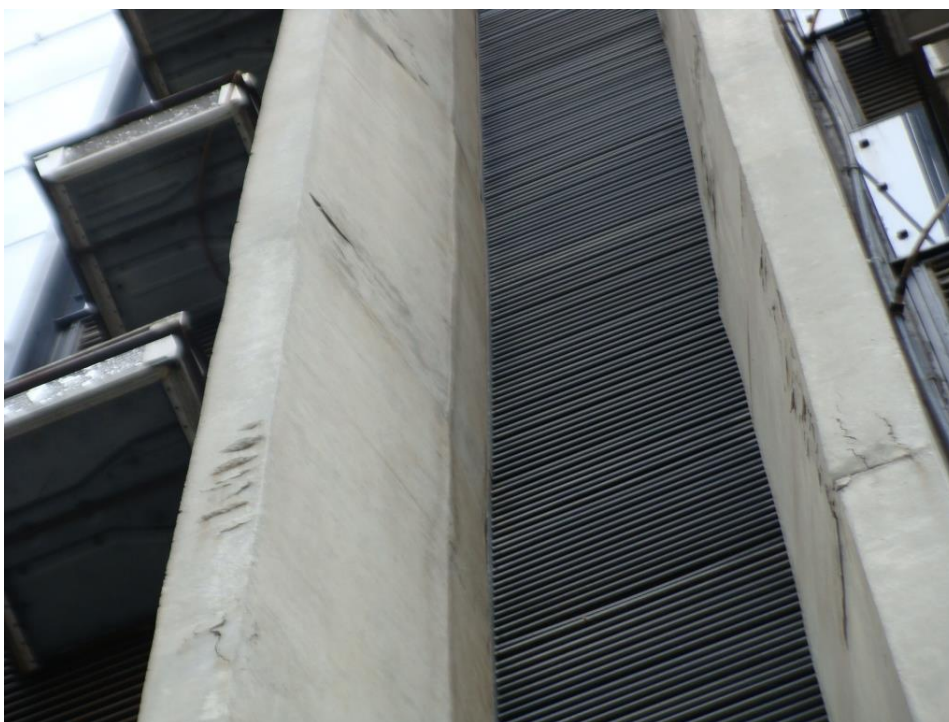


Foto nº 285 – Armadura exposta pilar P13 (2º pavimento) (02/03/2021)



Foto nº 286 – Armadura exposta pilar P13 (6º pavimento) (19/11/2013)

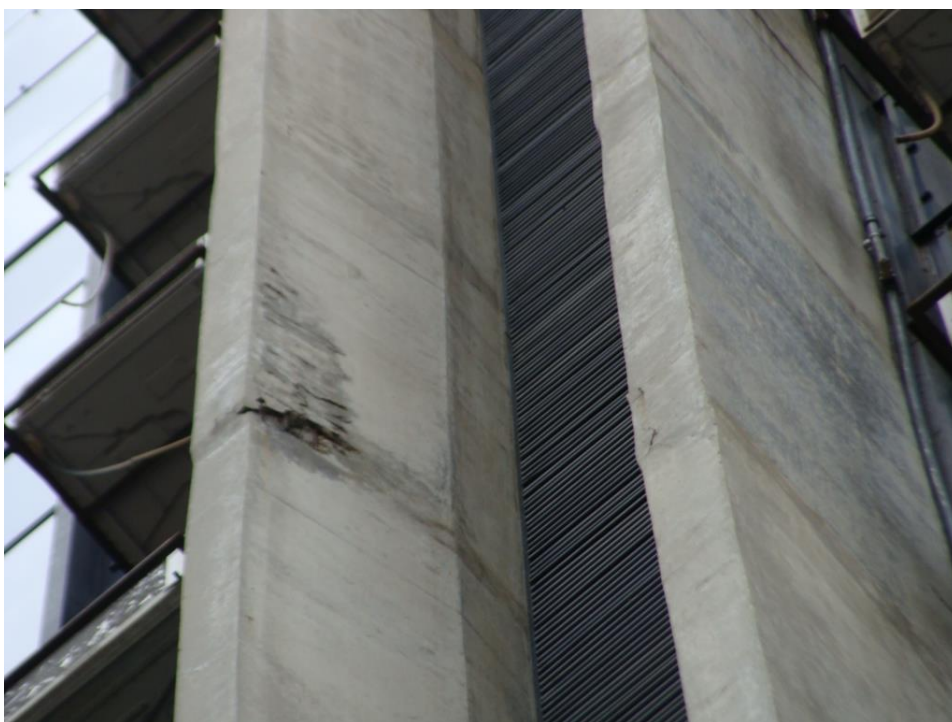


Foto nº 287 – Armadura exposta pilar P13 (6º pavimento) (02/03/2021)



Foto n° 288 – Armadura exposta pilar P13 (6° pavimento) (19/11/2013)



Foto n° 289 – Armadura exposta pilar P13 (4° pavimento) (19/11/2013)

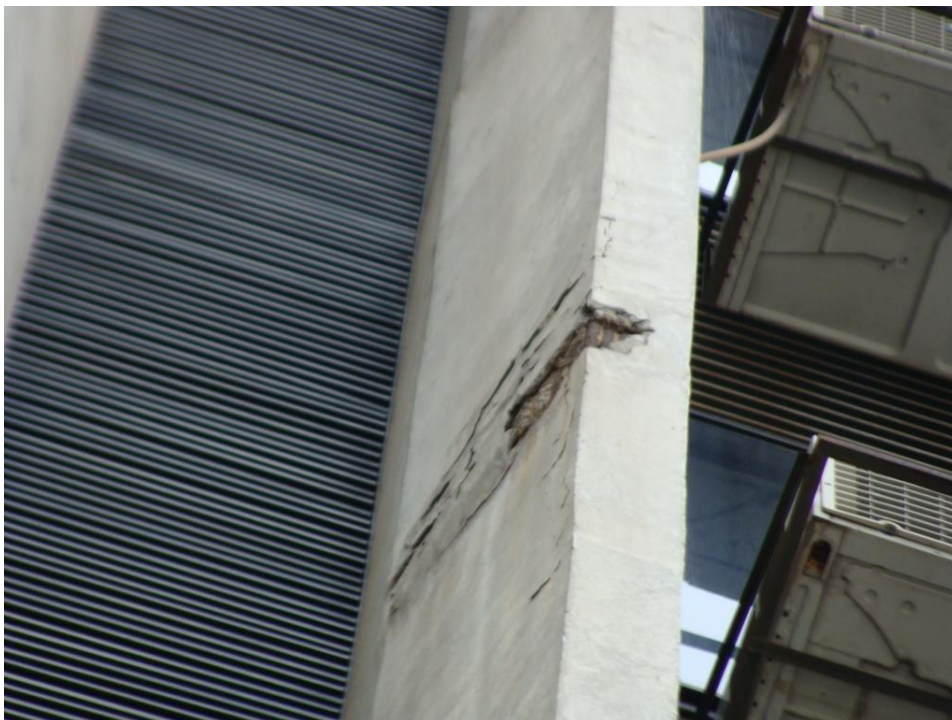


Foto nº 290 – Armadura exposta pilar P13 (4º pavimento) (02/03/2021)

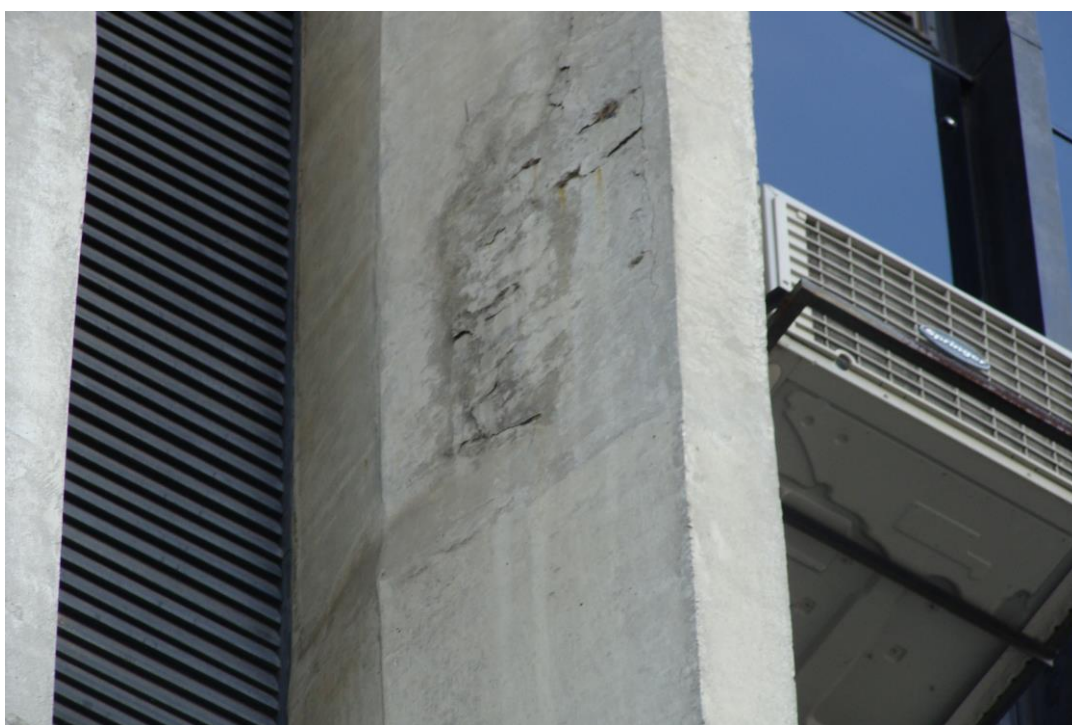


Foto nº 291 – Armadura exposta pilar P13 (3º pavimento) (19/11/2013)

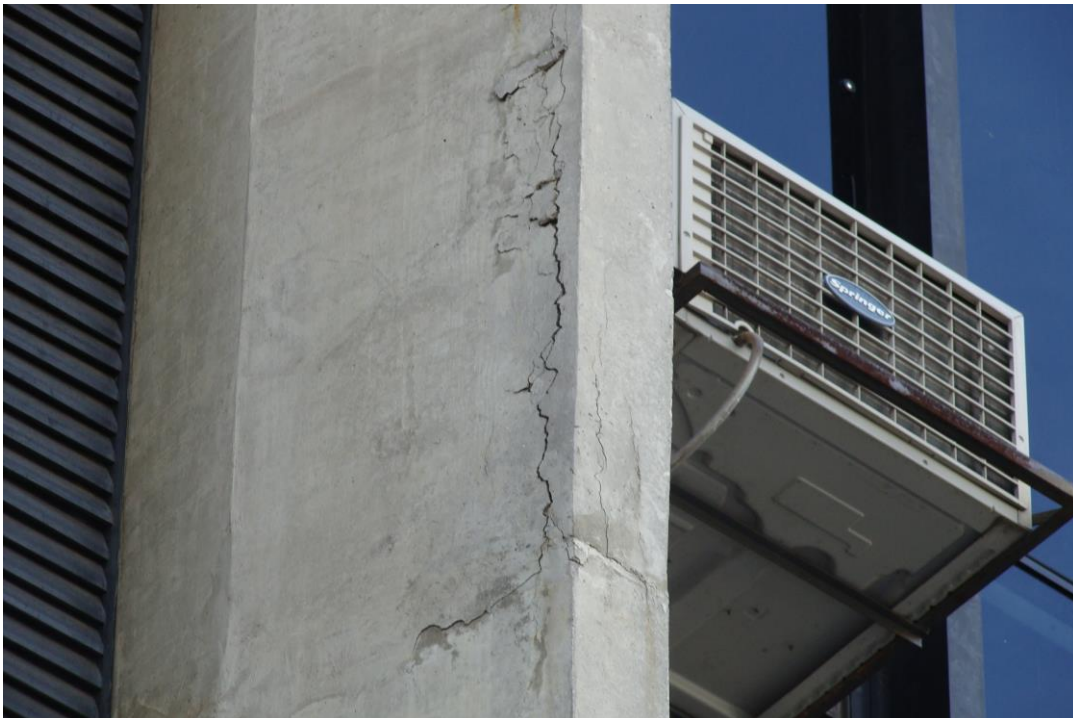


Foto n° 292 – Armadura exposta pilar P13 (2º pavimento) (19/11/2013)

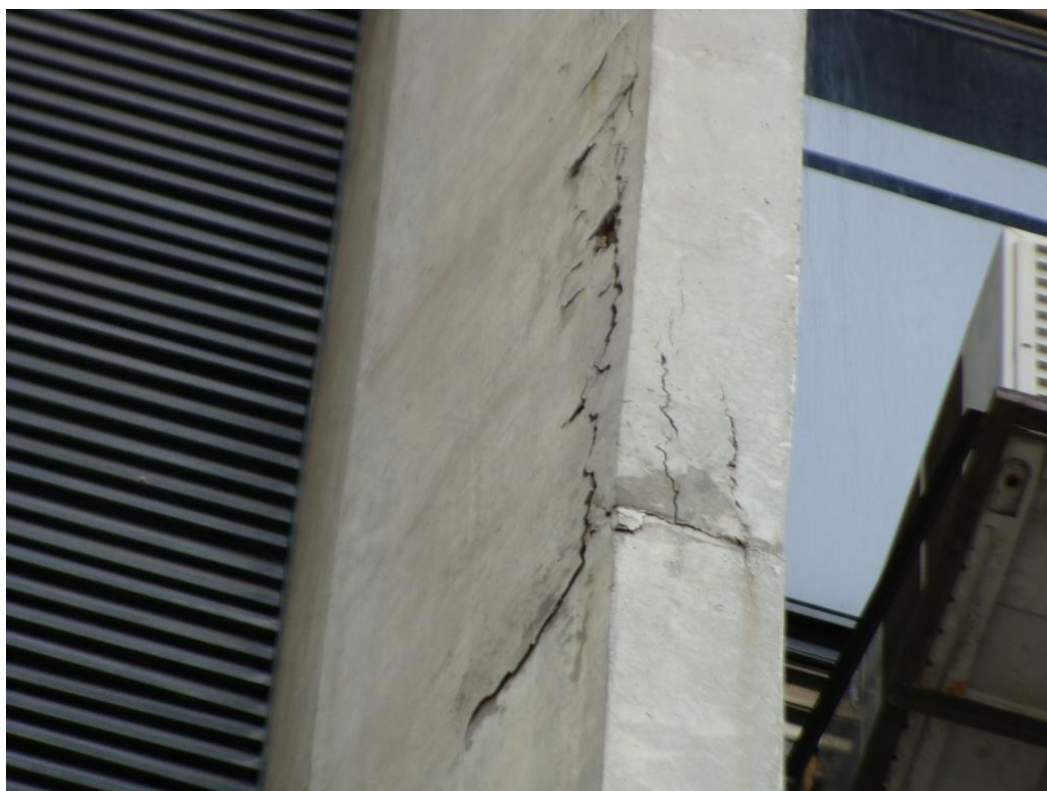


Foto n° 293 – Armadura exposta pilar P13 (2º pavimento) (02/03/2021)



Foto nº 294 – Manta descolando P13 (Térreo) (02/03/2021)

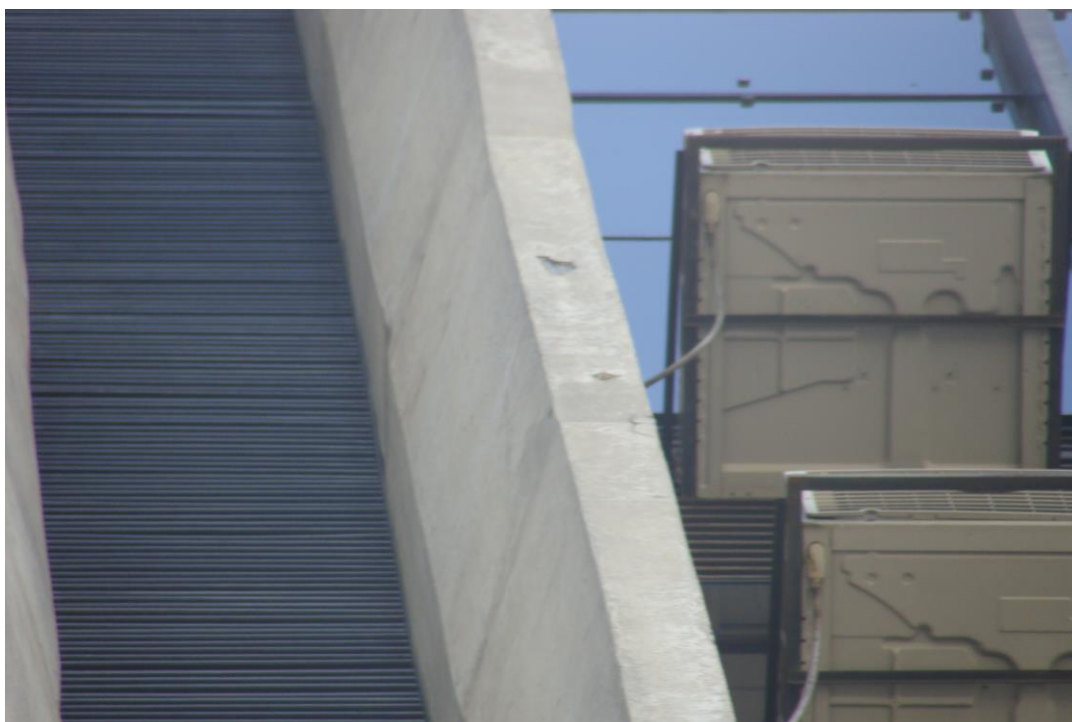


Foto nº 295 – Armadura exposta pilar P13 (9º pavimento) (19/11/2013)



Foto nº 296 – Armadura exposta pilar P13 (10º pavimento) (02/03/2021)

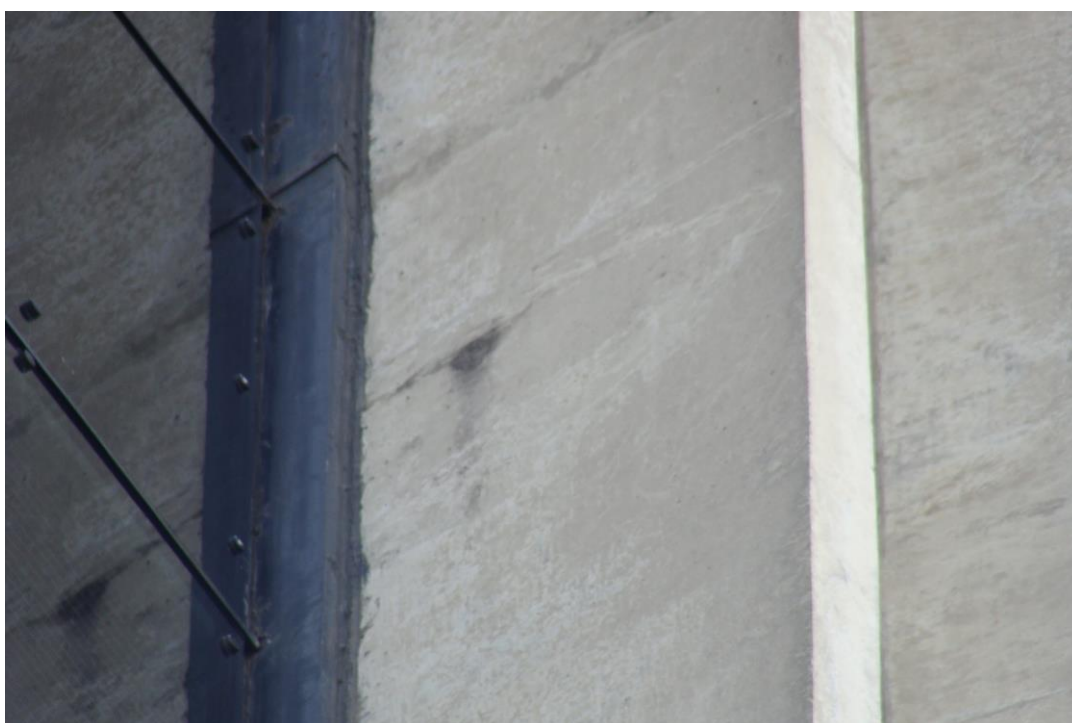


Foto nº 297 – Armadura exposta pilar P14 (4º pavimento) (19/11/2013)



Foto n° 298 – Armadura exposta pilar P14 (1º pavimento) (19/11/2013)



Foto n° 299 – Armadura exposta pilar P14 (1º pavimento) (02/03/2021)



Foto nº 300 – Armadura exposta pilar P14 (3º pavimento) (19/11/2013)



Foto nº 301 – Armadura exposta pilar P14 (3º pavimento) (19/11/2013)



Foto nº 302 – Armadura exposta pilar P14 (5º pavimento) (19/11/2013)



Foto nº 303 – Armadura exposta pilar P14 (5º pavimento) (19/11/2013)



Foto nº 304 – Armadura exposta pilar P14 (7º pavimento) (19/11/2013)



Foto nº 305 – Armadura exposta pilar P14 (Térreo) (19/11/2013)



Foto nº 306 – Manta ocultando Armadura exposta pilar P14 (Térreo) (02/03/2021)



Foto nº 307 – Armadura exposta pilar P14 (1º pavimento) (19/11/2013)



Foto nº 308 – Armadura exposta pilar P14 (19/11/2013)

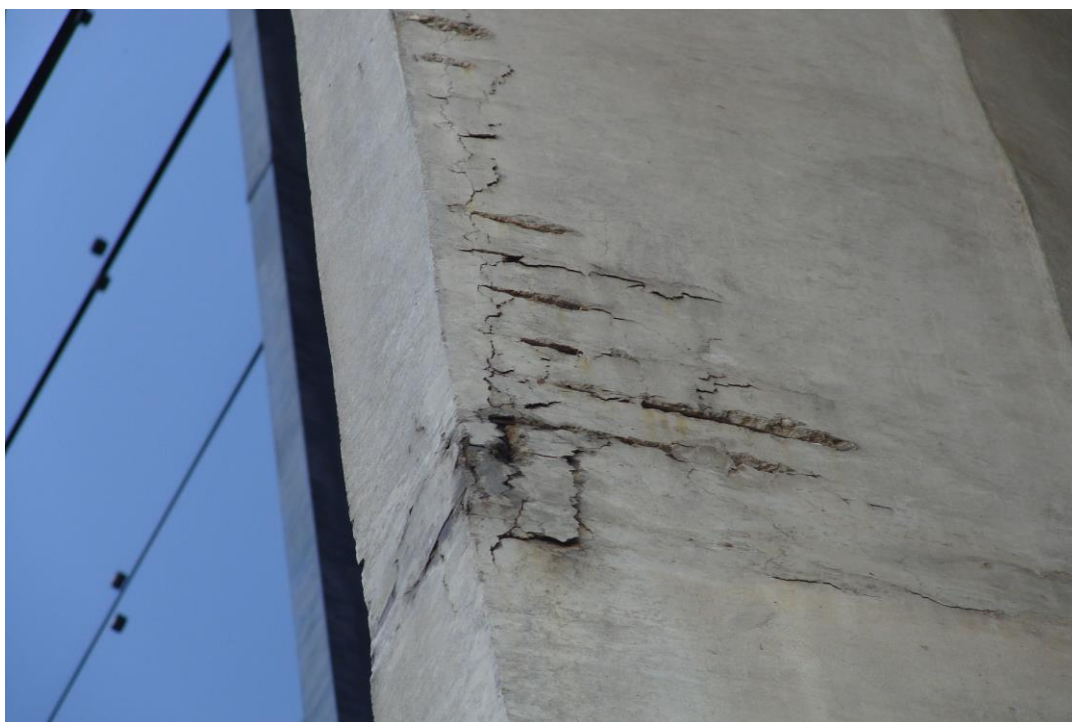


Foto nº 309 – Armadura exposta pilar P14 (3º pavimento) (19/11/2013)



Foto nº 310 – Armadura exposta pilar P14 (4º pavimento) (19/11/2013)

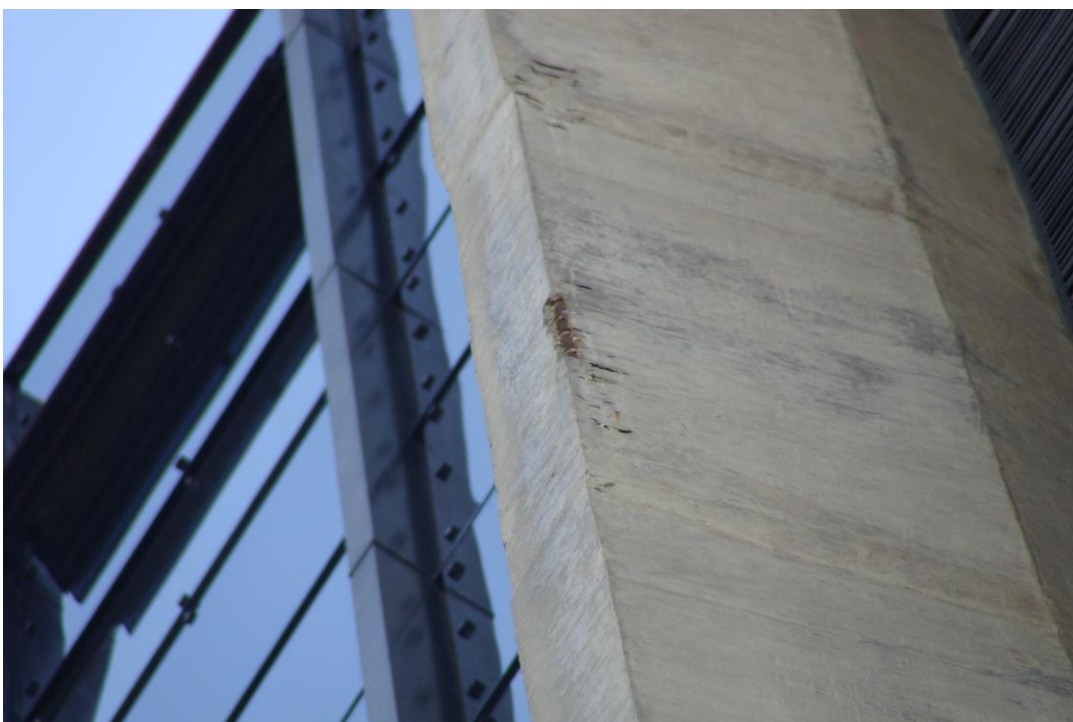


Foto nº 311 – Armadura exposta pilar P14 (5º pavimento) (19/11/2013)



Foto nº 312 – Armadura exposta pilar P14 (2º pavimento) (19/11/2013)

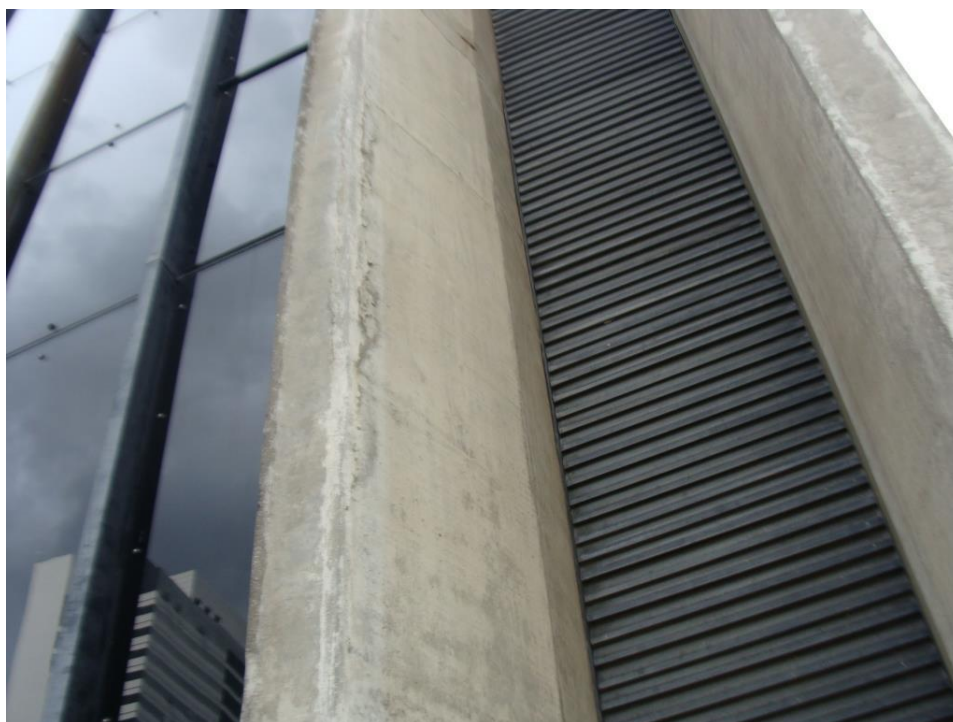


Foto nº 313 – Armadura exposta pilar P14 (1º pavimento) (02/03/2021)

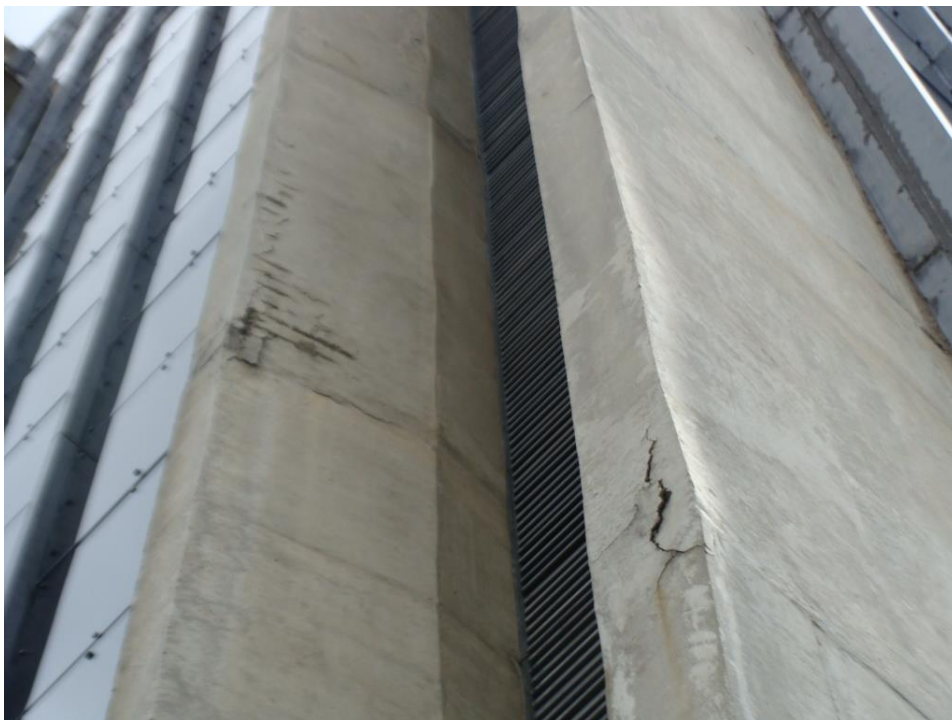


Foto nº 314 – Armadura exposta pilar P14 (2º pavimento) (02/03/2021)



Foto nº 315 – Armadura exposta pilar P14 (10º pavimento) (02/03/2021)



Foto nº 316 – Armadura exposta pilar P14 (6º pavimento) (02/03/2021)

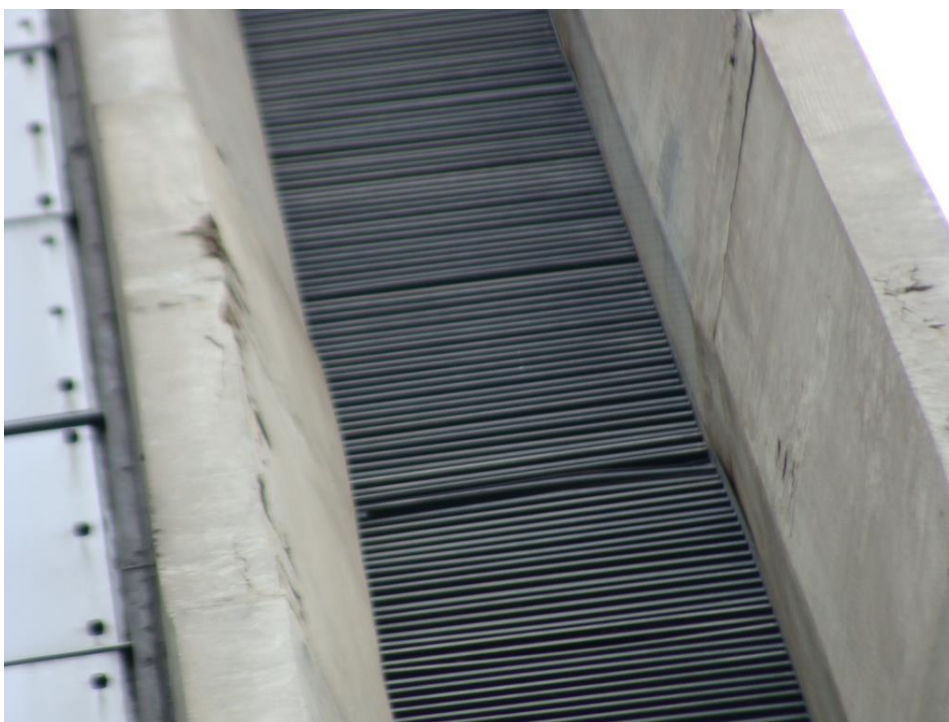


Foto nº 317 – Armadura exposta pilar P14 (3º pavimento) (02/03/2021)



Foto nº 318 – Carbonatação Caixa d'água (19/11/2013)



Foto nº 319 – Carbonatação e corrosão Caixa d'água (02/03/2015)



Foto nº 320 – Carbonatação Caixa d'água (19/11/2013)

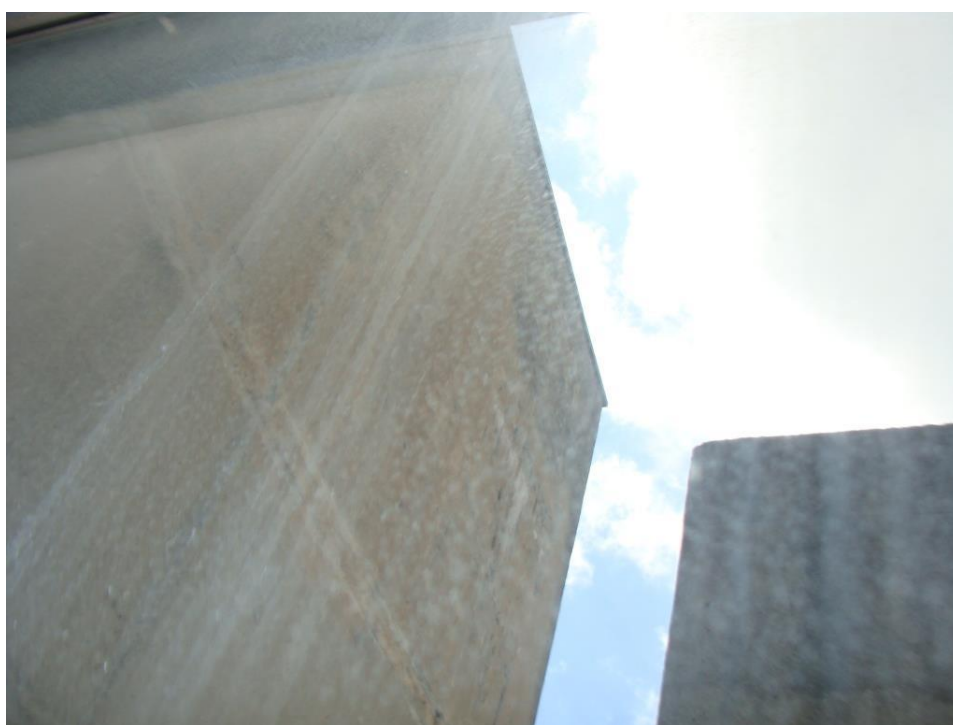


Foto nº 321 – Carbonatação Caixa d'água (02/03/2021)



Foto nº 322 – Carbonatação Caixa d'água (02/03/2021)



Foto nº 323 – Corrosão Caixa d'água (02/03/2021)



Foto nº 324 – Corrosão Caixa d'água (02/03/2021)



Foto nº 325 – Umidade Pilar P9 (19/11/2013)



Foto nº 326 – Umidade Pilar P9 (02/03/2021)



Foto nº 327 – Umidade Pilar P9 (6º andar) (02/03/2021)

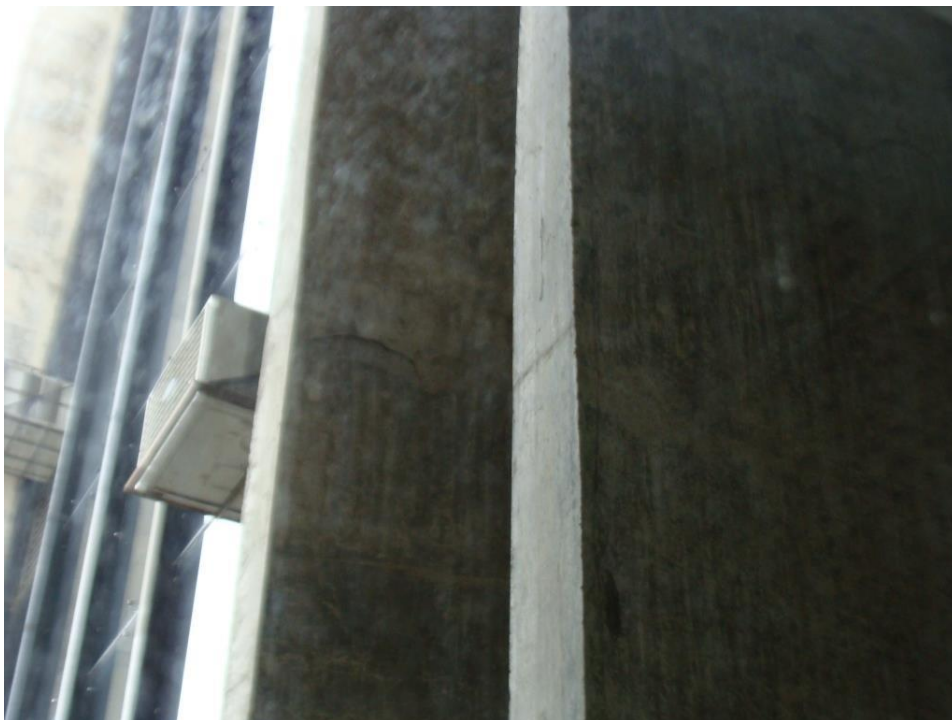


Foto nº 328 – Umidade Pilar P9 (6º andar) (02/03/2021)



Foto nº 329 – Umidade Pilar P9 (6º andar) (02/03/2021)



Foto nº 330 – Situação Parede de concreto Lado esquerdo (02/03/2021)



Foto nº 331 – Situação Parede de concreto Lado esquerdo (02/03/2021)



Foto nº 332 – Situação Parede de concreto Lado esquerdo (02/03/2021)

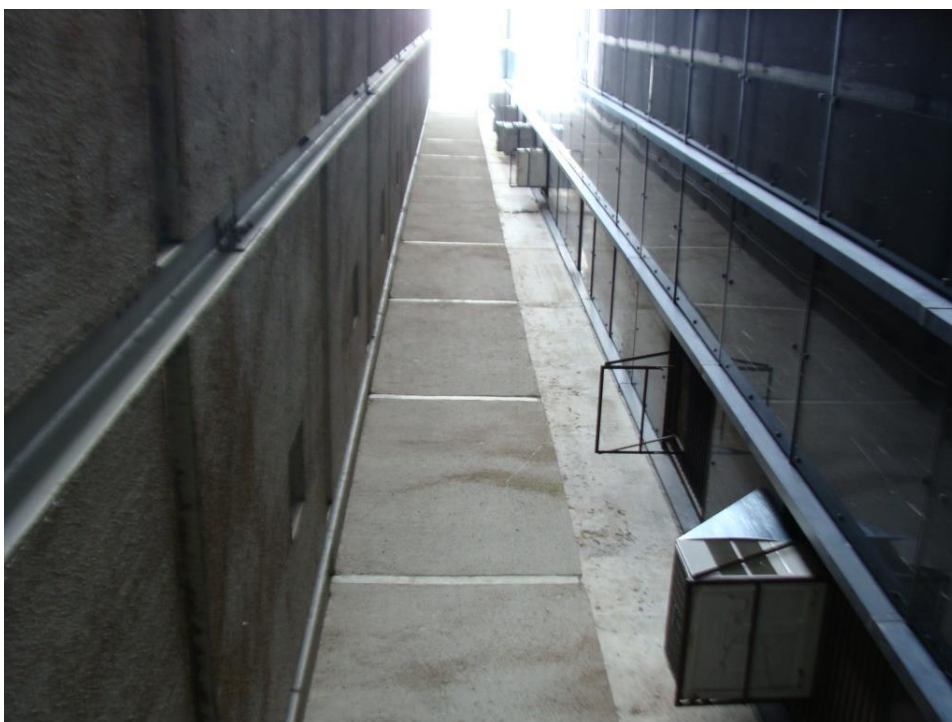


Foto nº 333 – Situação Parede de concreto Lado esquerdo (02/03/2021)

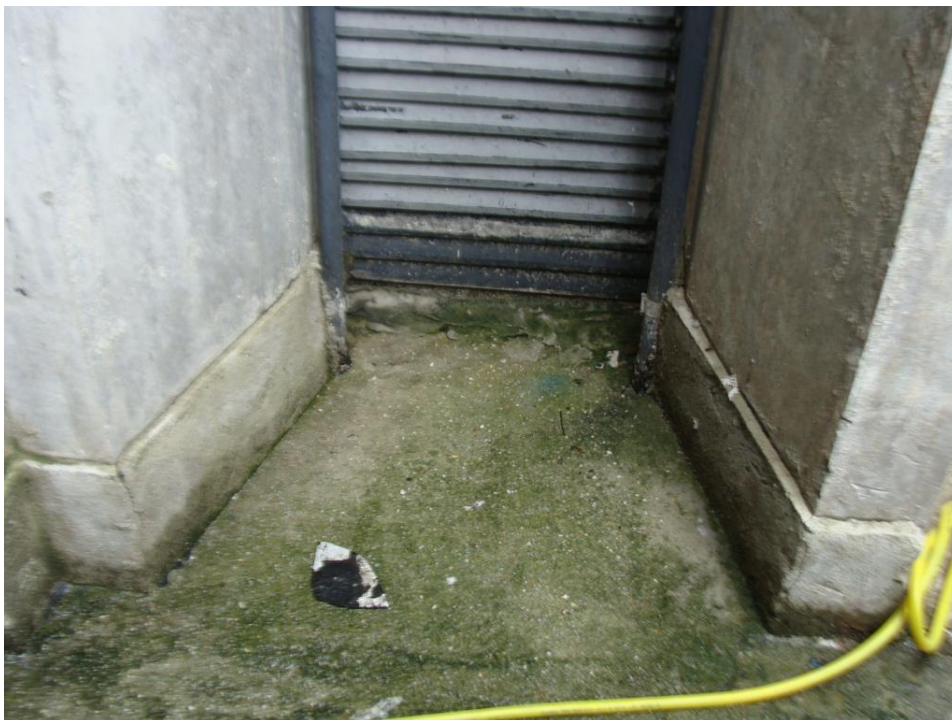


Foto nº 334 – Pilar P7 (02/03/2021)

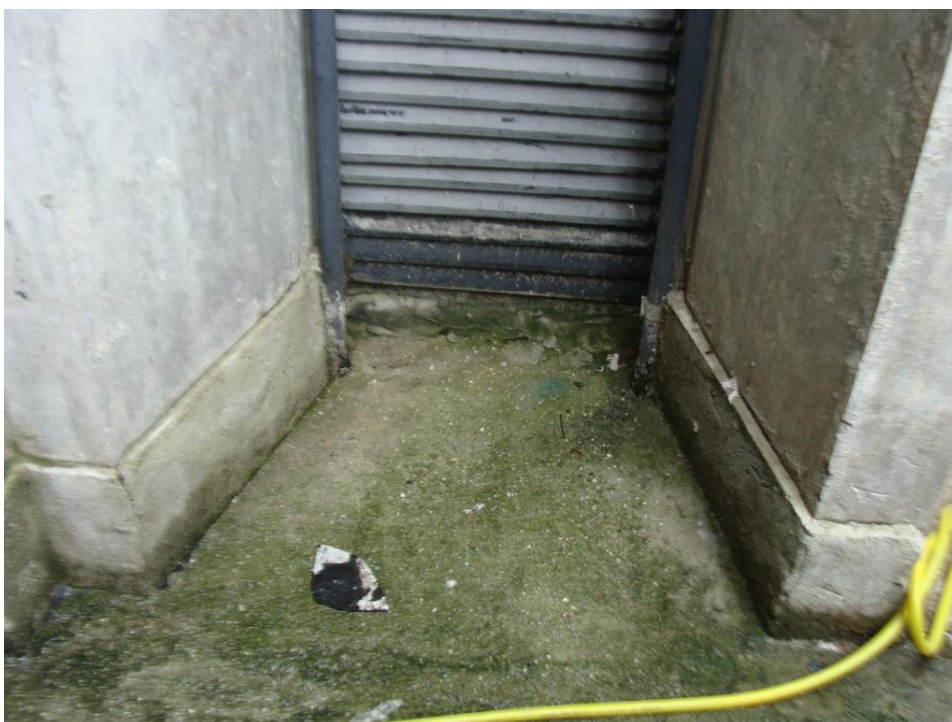


Foto nº 335 – Pilar P7 (02/03/2021)

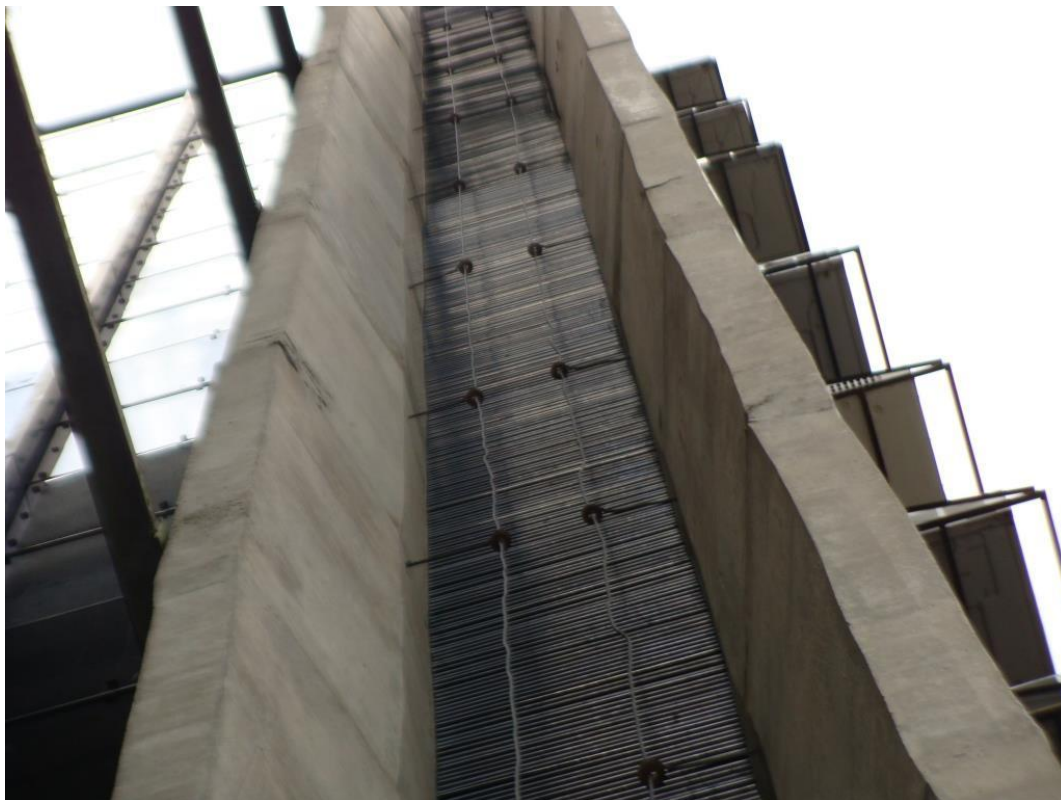


Foto nº 336 – Armadura exposta Pilar P7 (02/03/2021)



Foto nº 337 – Fissura parede de concreto (19/11/2013)



Foto nº 338 – Fissura parede de concreto (19/11/2013)



Foto nº 339 – Parede de trás (19/11/2013)



Foto nº 340 – Parede dos fundos (19/11/2013)



Foto nº 341 – Parede dos fundos (02/03/2021)



Foto nº 342 – Parede dos fundos (19/11/2013)



Foto nº 343 – Corrosão parede do fundo (19/11/2013)



Foto n° 344 – Mancha parede (02/03/2021)



Foto n° 345 – Mancha parede (19/11/2013)



Foto nº 346 – Armadura exposta pilar P10 (19/11/2013)



Foto nº 347 – Armadura exposta pilar P10 (2º pavimento) (19/11/2013)

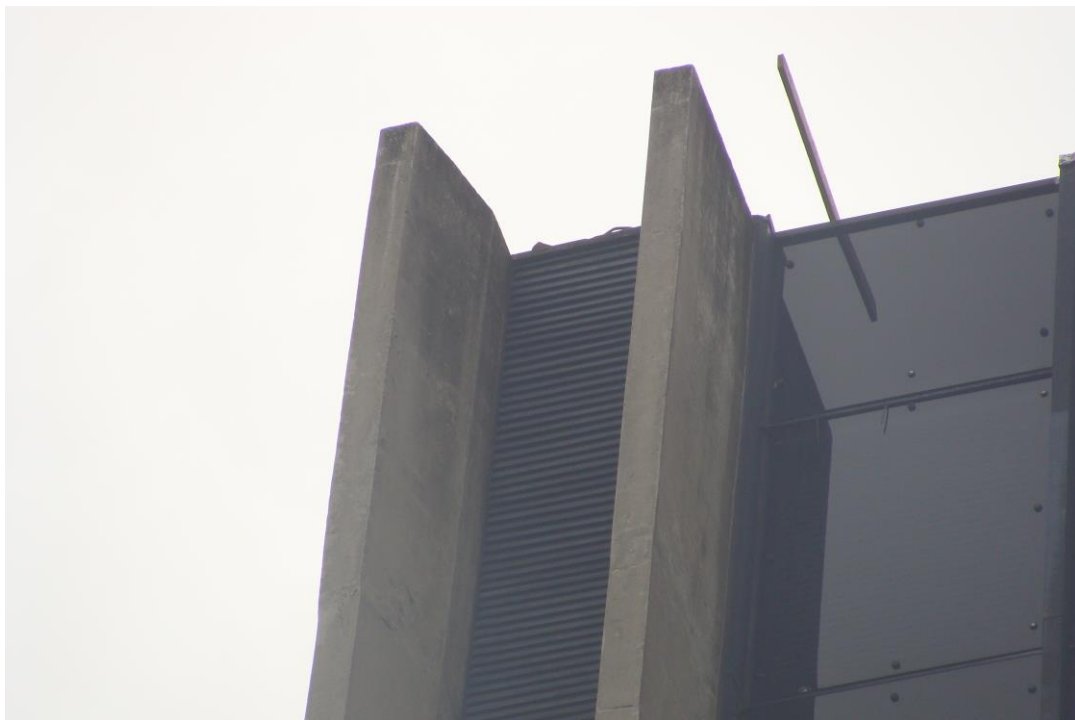


Foto n° 348 – Armadura exposta pilar P10 (2º pavimento) (19/11/2013)

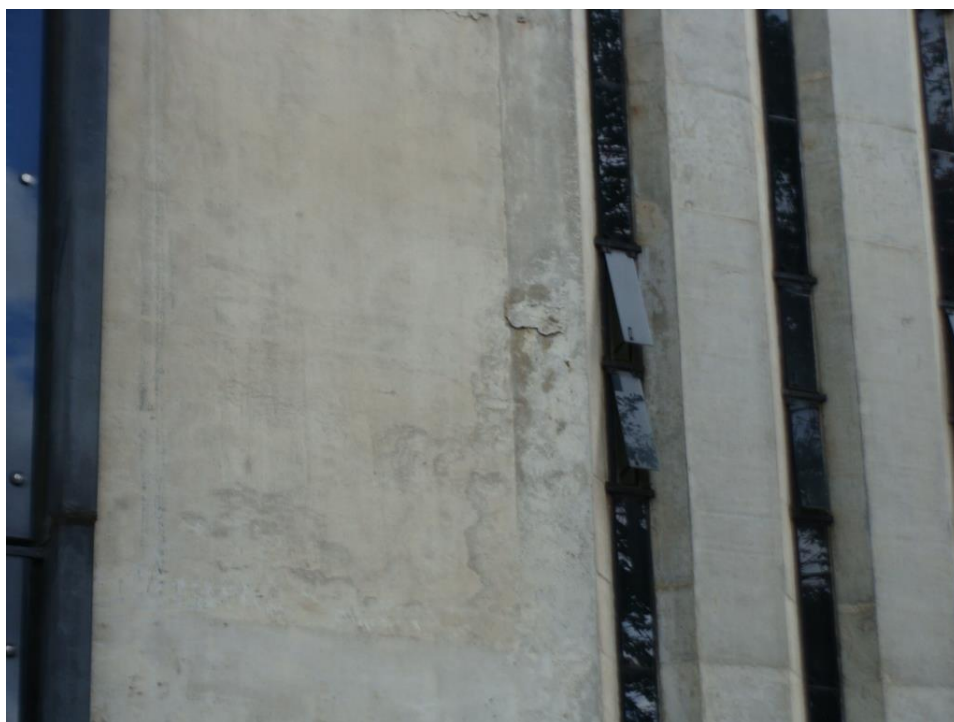


Foto n° 349– Armadura exposta pilar P10 (02/03/2021)



Foto nº 350 – Armadura exposta pilar P10 (02/03/2021)



Foto nº 351 – Armadura exposta pilar P10 (02/03/2021)



Foto nº 352 – Armadura exposta pilar P10 (02/03/2021)



Foto nº 353 – Lixiviação caixa d'água (19/11/2013)



Foto nº 354– Lixiviação caixa d'água (02/03/2021)

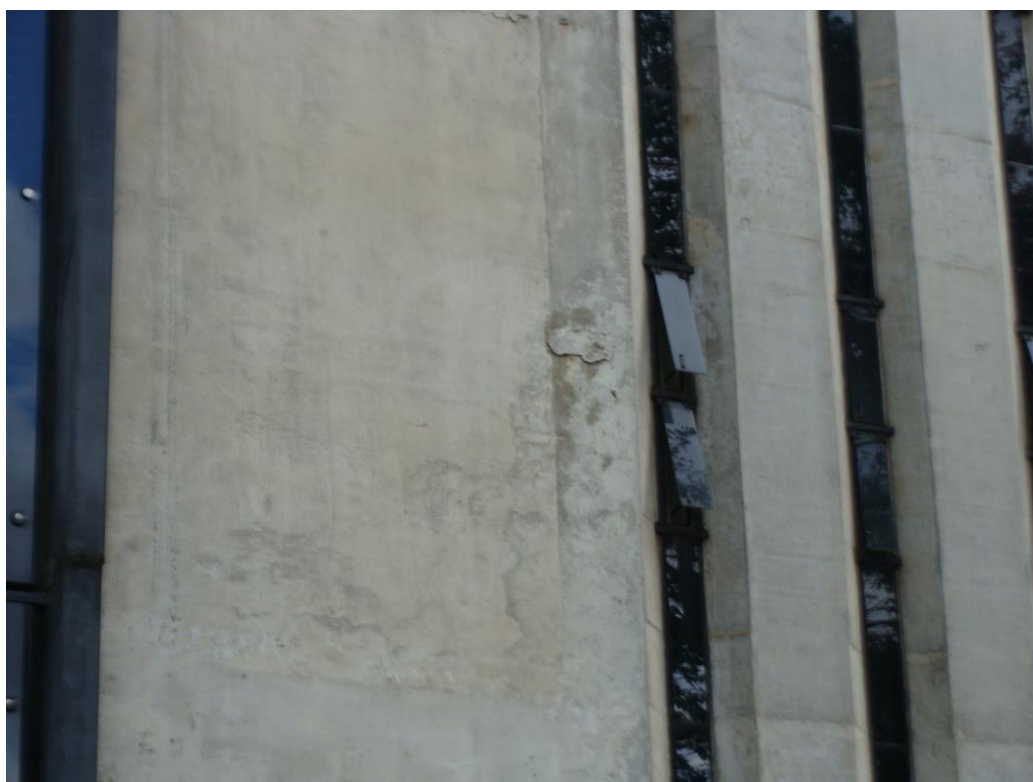


Foto nº 355 – Corrosão armadura lado direito (02/03/2021)



Foto nº 356 – Corrosão armadura lado direito (02/03/2021)

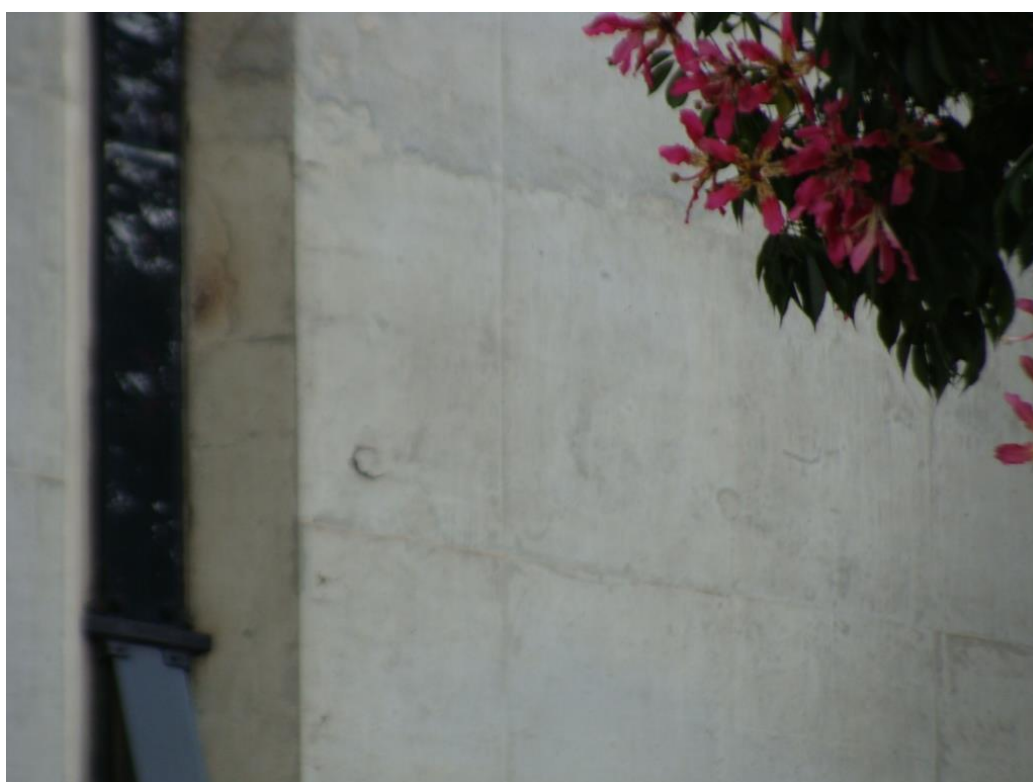


Foto nº 357 – Corrosão armadura lado direito (02/03/2021)

As fotos 358 e 365 são do 6º pavimento



Foto n° 358 – Laje do 6º pavimento (19/11/2013)



Foto n° 359 – Laje do 6º pavimento (19/11/2013)



Foto nº 360– Laje do 6º pavimento (19/11/2013)



Foto nº 361 – Laje do 6º pavimento (19/11/2013)



Foto nº 362 – Laje do 6º pavimento (02/03/2021)



Foto nº 363 – Laje do 6º pavimento (02/03/2021)

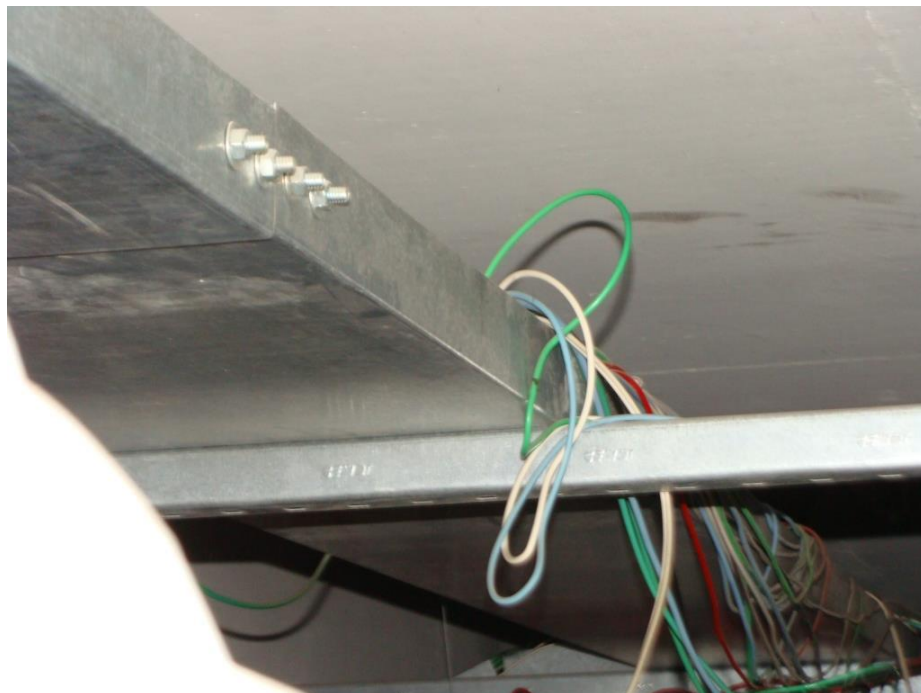


Foto nº 364 – Laje do 6º pavimento (02/03/2021)



Foto nº 365 – Laje do 6º pavimento (02/03/2021)



Foto nº 366 – Laje do Subsolo Corrosão (07/04/2021)



Foto nº 367 – Laje do Subsolo Corrosão (07/04/2021)



Foto nº 368 – Laje do Subsolo Corrosão (07/04/2021)



Foto nº 369 – Laje do Subsolo Corrosão (07/04/2021)



Foto nº 370– Laje do Subsolo Corrosão (07/04/2021)



Foto nº 371 – Laje do Subsolo Corrosão (07/04/2021)

3. CONSIDERAÇÕES

3.1. SEGURANÇA DA EDIFICAÇÃO

Com relação à segurança da edificação foram observadas várias aberturas consideradas fissuras, trincas devido a processo corrosivo das armaduras que geram aumento de volume das mesmas e descolamento da camada de cobrimento e que justificam qualquer preocupação com a segurança, através de inspeção visual são evidentes desconformidades. **Critério Utilizado:**

A inspeção na edificação está baseada na visualização da estrutura em concreto armado, com observação de patologias existentes e desconformidades executivas que possam atentar quanto a segurança da obra e sua vida útil.

a) Nível de Inspeção

Esta inspeção é classificada como “Inspeção Nível 1”, representada por uma análise visual dos fatos e análise com a documentação fornecida, com a identificação dos pontos com manifestações patológicas e análise dos mesmos, consoante o nível de inspeção estabelecido como objetivo para este trabalho.

Caracteriza-se pela verificação isolada ou combinada das condições técnicas de uso da edificação de acordo com a Norma de Inspeção Predial do IBAPE e pela NBR 16474, respeitando o nível de inspeção adotado, com a classificação das deficiências construtivas encontradas quanto ao grau de risco que representam em relação a segurança dos usuários e sua vida útil.

b) Classificação de Risco:

- **CRÍTICO** – risco de provocar danos contra saúde e segurança das pessoas e do meio ambiente, perda excessiva de desempenho e funcionalidade causando possíveis paralisações, aumento excessivo de custo de manutenção e recuperação, comprometimento sensível de vida útil.
- **MÉDIO** – risco de provocar a perda parcial de desempenho e funcionalidade da edificação sem prejuízo à operação direta de sistemas, e deterioração precoce.
- **MINÍMO** – risco de causar pequenos prejuízos à estética ou atividade programável e planejada, sem incidência ou sem a probabilidade de ocorrência dos riscos regulares, além de baixo ou nenhum comprometimento do valor do imóvel.

c) Prioridades

- **Prioridade 1** Perda de desempenho compromete a saúde e/ou segurança dos usuários e/ou funcionamento dos sistemas construtivos e a vida útil. As intervenções deverão se realizadas com urgência
- **Prioridade 2** Perda parcial do desempenho sobre a funcionalidade da edificação.
- **Prioridade 3** Perda de desempenho pode ocasionar pequenos prejuízos a estética. Não existe necessidade de intervenções imediatas.

d) Desempenho

Classe 1 Desempenho adequado ao uso:

Classe 2 Desempenho que requer recomendações corretivas e preventivas

Classe 3 Desempenho inadequado ao uso, quando as manifestações patológicas encontradas são prejudiciais a segurança e/ou saúde dos usuários.

Com relação às segregações do concreto, são consideradas como resultante da falta de cuidado na mistura e vibração do concreto na hora da concretagem (conf. Item 1.6 c) observamos segregação na junta horizontal de concretagem curto prazo podem prejudicar a segurança. Os mesmos estão em situação **Critica, Prioridade 1** e começam a atentar contra a segurança e consideramos também desempenho **Classe 3** com necessidade de rápida intervenção.

Este tipo de intervenção, na estrutura, deve ser sempre executado por empresa especializada no ramo de recuperação estrutural de reconhecida experiência e tradição acompanhada e orientada por profissional especializado, habilitado e registrado no CREA.

3.2. CONSERVAÇÃO ESTRUTURAL

Com relação à conservação, pode-se afirmar que a estrutura teve sua vida útil encerrada em alguns pontos devido a corrosão de armadura. Pode-se observar em diversas fotos do item 3 a aparição de várias fissuras, rachaduras nos elementos estruturais.

Desta forma, deve-se promover a recuperação estrutural nestes locais, a fim de que se previnam novas aparições e também que se corrijam estas manifestações patológicas que, em um momento futuro podem trazer consequências para a estabilidade dos elementos degradados da edificação.

As intervenções, no que tangem a reparos estruturais, devem ser executadas por empresas especializadas e com experiência e tradição neste tipo de serviço. Estes procedimentos exigem cuidados minuciosos e podem causar danos e riscos à edificação.

3.3. ESTRUTURA

Verificamos que a estrutura apresenta fissuras e rachaduras nos pilares e laje da tampa dos reservatórios e lajes do pavimento térreo que são elementos estruturais. Consideramos risco **CRITICO**, **Prioridade 1**, desempenho **Classe 3**. A estrutura é de concreto armado e protendido laje de 10 cm de espessura apoiadas em vigas de concreto com 15 x 50 protendidas com 16,55m de vão, apoiadas em 8 (oito) pilares em forma de “H”. o concreto utilizado nas armaduras passivas é de $F_{ck} = 150 \text{ Kg/cm}^2$ ou 15 Mpa e nas armaduras ativas (protendido) 225 Kg/cm^2 ou 22,5 Mpa, portanto concreto de baixa resistência a durabilidade e atualmente em desuso pela NBR 6118/2014. Quanto a sua conservação não temos informações sobre manutenções da estrutura ao longo de sua existência.

3.4. IMPERMEABILIZAÇÃO

O sistema de impermeabilização tem sua vida útil esgotada e apesar de ter sido efetuada, restam partes ainda a impermeabilizar que deve ser efetuada antes da recuperação das estruturas onde existe manchas e presença de umidade. Consideramos risco **CRITICO**, **Prioridade 1**, desempenho **Classe 3**.

3.5. RELAÇÃO QUANTITATIVA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICA

A tabela a seguir resume o aumento das manifestações encontradas na edificação em comparação ao laudo feito no ano de 2013/2014.



OBRA: L0140 - EDIFÍCIO MONTEPAR FÓRUM CIVIL
LOCAL: AV. CÂNDIDO DE ABREU, 525 CURITIBA/PR
CLIENTE: TRIBUNAL DE JUSTIÇA DO PARANÁ

DATA: MARÇO/2021

ESTRUTURAS DE CONCRETO RUI MEDEIROS LTDA.

RELAÇÃO QUANTITATIVA DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

CORROSÃO / ARMADURA EXPOSTA

LOCAL	Laudo 2013 (m²)	Laudo 2021 (m²)	Aumento	Aumento (%)	Observação
Subsolo	39,15	103,16	64,01	163%	Consideração da Laje L28 inteira e L8
Barrilete/Casa de Máq/Tampa	23,92	26,72	2,80	12%	Piora na Parede da Caixa D'água
Fachada	1468,125	1480	11,88	1%	Piora na Parede da Caixa D'água e novos pontos na parede de concreto
ÁREA TOTAL (m²)				176%	

INFILTRAÇÃO

LOCAL	Laudo 2013 (m²)	Laudo 2021 (m²)	Aumento	Aumento (%)	Observação
Subsolo	21,09	21,09	0,00	0%	Sem aumento pela execução da impermeabilização
Barrilete/Casa de Máq/Tampa	17,07	19,00	1,93	11%	Fissura na Parede da caixa D'água
Fachada	19,995	20,00	0,00	0%	Manteve
ÁREA TOTAL (m²)				11%	

FISSURA CONCRETO

LOCAL	Laudo 2013 (m²)	Laudo 2021 (m²)	Aumento	Aumento (%)	Observação
Subsolo	0,45	0,5	0,050	11%	Pequeno aumento
Barrilete/Casa de Máq/Tampa	0,06	1,26	1,20	2000%	Inclusão L2
Fachada	0,06	0,06	0,0000	0%	Sem mudança
ÁREA TOTAL (m²)				2011%	

4. RECOMENDAÇÕES

Com base no item 3., recomendamos:

4.1. ESTRUTURA

A intervenção imediata recuperativa dos elementos degradados, sob pena de colocar em risco a segurança da edificação e o aumento considerável dos custos, inclusive até a necessidade de reposição de reforço estrutural conforme a lei de Evolução de Custos (Sitter) (item 1.1). Recomendamos antes de início dos trabalhos de recuperação estrutural descrita a seguir que seja feito a impermeabilização das áreas externas a fim de eliminar a infiltração de umidade nos elementos estruturais.

4.2. IMPERMEABILIZAÇÃO

Recomendamos que a mesma seja feita por empresa de reconhecida tradição no ramo de impermeabilização baseada em projeto de impermeabilização que atenda as especificações da NBR 9574 e NBR 9575. Recomendamos que as lajes da tampa impermeabilizadas tenham caimento para as saídas de águas pluviais antes da aplicação da impermeabilização e que o teste de estanqueidade com pelo menos 72 h e após a abertura das saídas de água esta não poderá ter acúmulo de água em nenhum ponto sendo totalmente esgotada pelos buzinotes o que garante uma vida útil maior para o sistema de impermeabilização. Após o teste deverá ser feita camada de regularização (proteção mecânica) também com caimento para as saídas de água.

Com relação à impermeabilização, deve-se atentar ao indicado pela norma NBR 9575 (2003) no item 6.2.1:

“A impermeabilização deve ser projetada de modo a:

- a) evitar a passagem indesejável de fluidos nas construções, pelas partes que requeiram estanqueidade, podendo ser integrado ou não outros sistemas construtivos, desde que observadas normas específicas de desempenho que proporcionem as mesmas condições de impermeabilidade;
- b) proteger as estruturas, bem como componentes construtivos que porventura estejam expostos ao intemperismo, contra a ação de agentes agressivos presentes na atmosfera;
- c) proteger o meio ambiente de possíveis vazamentos ou contaminações por meio da utilização de sistemas de impermeabilização;
- d) possibilitar sempre que possível a realização de manutenções da impermeabilização, com o mínimo de intervenção nos revestimentos sobrepostos a ela, de modo a ser evitada, tão logo sejam percebidas falhas do sistema impermeável, a degradação das estruturas e componentes construtivos, devido à passagem de fluidos e lixiviação de compostos solúveis do concreto, argamassas e revestimentos;

e) proporcionar conforto aos usuários, sendo-lhes garantido a salubridade física. “

O sistema também deve atender as especificações do item 6.3, que tratam de características especiais da impermeabilização:

- a) Resistir às cargas estáticas e dinâmicas atuantes sob e sobre a impermeabilização;
- b) Resistir aos efeitos dos movimentos de dilatação e retração do substrato e revestimentos, ocasionados por variações térmicas;
- c) Resistir à degradação ocasionada por influências climáticas, térmicas, químicas ou biológicas;
- d) Resistir às pressões hidrostáticas, de percolação, coluna d'água e umidade de solo, bem como descolamento ocasionado pela perda da aderência;
- e) Apresentar aderência, flexibilidade, resistência e estabilidade físico-mecânica compatíveis com as solicitações previstas nos demais projetos citados em 6.2.3;
- f) Indicar o sistema de impermeabilização, adequando-o as deformações a que a base está submetida com a capacidade do sistema de absorvê-las.

5. PROCEDIMENTO DE RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL

5.1. RECUPERAÇÃO DOS ESTRIBOS DAS VIGAS PRINCIPAIS

Preparo do Substrato

Após o tratamento e vedação da junta para não permitir a infiltração de umidade, se necessário, manter a viga escorada a fim de aliviar as cargas e evitar vibrações durante a escarificação. Pré-cortar com disco de corte o concreto nos dois lados do estribo e escarificar manualmente mantendo um berço de aproximadamente 3 x 3 cm de tal forma a permitir o trabalho de limpeza das armaduras.

Limpeza das Armaduras

Após escarificação e limpeza do substrato, deve ser removido todo o material impregnado nas armaduras, incluindo as partículas soltas e outros materiais oriundos da corrosão. Esta retirada de material deverá ser feita manualmente através de escovas de aço e lixa de ferro.

Passivação das Armaduras

Após a limpeza das armaduras, as mesmas deverão receber aplicação de *primer* para armaduras Nitroprimer Zn®, ou similar, a fim de cessar o processo corrosivo. As armaduras que tiverem sua seção reduzida em 10% deverão ser substituídas conforme detalhe da figura

Technical drawing of a door assembly. The drawing shows a side view of a door with a handle and a lock. The door is labeled "VAR" (Variable). The handle is labeled "FURO 8mm". The lock is labeled "FURO 8mm". The door is shown in two positions: open and closed. The open position shows the door with a width of 5 and a height of 5. The closed position shows the door with a width of 5 and a height of 5. The door is shown with a handle and a lock. The handle is labeled "FURO 8mm". The lock is labeled "FURO 8mm". The door is shown in two positions: open and closed. The open position shows the door with a width of 5 and a height of 5. The closed position shows the door with a width of 5 and a height of 5.



Pode ser utilizado Sikadur 31®, Nitrobond EPPL® ou similar com o uso de espátulas ou outro meio equivalente, preenchendo todos os espaços com uma camada de 1 a 2 mm. Observar na embalagem do produto a vida útil da mistura que varia de 40 a 60 minutos conforme esteja à temperatura ambiente. A mistura deve ser preparada de acordo com instruções na embalagem, em seguida colocar as armaduras, as formas e executar o preenchimento das cavidades.

As ferramentas utilizadas devem ser limpas com solvente. Todo o processo deverá ser efetuado com a utilização de luvas, e óculos e roupas protetoras, o produto é tóxico e não deve ser inalado ou ter contato com a pele. No caso de aplicação em local fechado utilizar mascara.

Preenchimento das Cavidades

As cavidades serão preenchidas com argamassa polimérica Renderoc S2®, graute Conbextra GP®, Sika Grout 250® ou similar, a qual deverá ser pressionada fortemente contra o substrato com auxílio de colher de pedreiro e alisado com desempenadeira de madeira, sempre protegida por luvas, e até se atingir a espessura desejada assegurando-se da total compactação. Conforme o produto escolhido, deverá ser observado sempre à especificação do fabricante no rótulo ou bula do produto.

5.2. RECUPERAÇÃO DAS ARMADURAS LOGITUDINAIS DAS VIGAS E PILARES

Preparação do Substrato

Se necessário, manter as vigas devidamente escoradas, e com utilização de ponteiros e marretas leves, escarificar manualmente (poderá ser utilizada escarificação mecânica com martelo elétrico) de fora para dentro, evitando golpes bruscos que possam lascas as arestas ou danificar a peça. Retirar toda a camada superficial de recobrimento da peça existente, retirando todo o material solto ou fissurado, mantendo uma superfície rugosa e coesa com boas condições de aderência.

Limpeza das Armaduras

Após a escarificação e limpeza do substrato, deve ser removido todo material impregnado nas armaduras incluindo as partículas soltas e outros materiais oriundos da corrosão. Esta retirada de material deverá ser feita manualmente através de escovas de aço e lixa de ferro em toda a extensão da parte corroída.

Passivação das Armaduras

Após a limpeza das armaduras deverão as mesmas receber aplicação de *primer* para armaduras Nitoprimer Zn® ou similar, a fim de cessar o processo corrosivo. As armaduras que tiverem sua seção reduzida em 10% deverão ser substituídas conforme detalhe a ser fornecido de acordo com o caso em questão.

Preenchimento das Cavidades

As cavidades serão preenchidas com argamassa polimérica Renderoc S2®, graute Conbextra GP®, Sika Grout 250® ou similar, a qual deverá ser pressionada fortemente contra o substrato com auxílio de colher de pedreiro, sempre protegido por luvas, e até se atingir a espessura desejada assegurando-se da total compactação. Conforme o produto escolhido deverá ser observado sempre à especificação do fabricante no rotulo ou bula do produto.

DETALHE DA RECUPERAÇÃO DE ARMADURAS EM VIGAS



Figura 37 - Detalhe de procedimento de recuperação de armadura longitudinal de vigas.

5.3. RECUPERAÇÃO DE ESTRIBOS DE PILARES

Preparo do substrato

Se necessário, manter as peças de apoio devidamente escoradas, e com utilização de ponteiros e marretas leves, escarificar manualmente (poderá ser utilizada escarificação mecânica com martelete elétrico) de fora para dentro, evitando golpes bruscos que possam lascas as arestas ou danificar a peça.

Retirar toda a camada superficial de recobrimento da peça existente, retirando todo o material solto ou fissurado, mantendo uma superfície rugosa e coesa com boas condições de aderência.

Passivação das Armaduras

Após a limpeza das armaduras deverão as mesmas receber aplicação de *primer* para armaduras Nitoprimer Zn® ou similar, a fim de cessar o processo corrosivo. As armaduras que tiverem sua seção reduzida em 10% deverão ser substituídas conforme detalhe a ser fornecido de acordo com o caso em questão.

Preenchimento das Cavidades

As cavidades serão preenchidas com argamassa polimérica Renderoc S2®, graute Conbextra GP®, Sika Grout 250® ou similar, a qual deverá ser pressionada fortemente contra o substrato com auxílio de colher de pedreiro, sempre protegido por luvas, e até se atingir a espessura desejada assegurando-se da total compactação. Conforme o produto escolhido deverá ser observado sempre à especificação do fabricante no rotulo ou bula do produto.

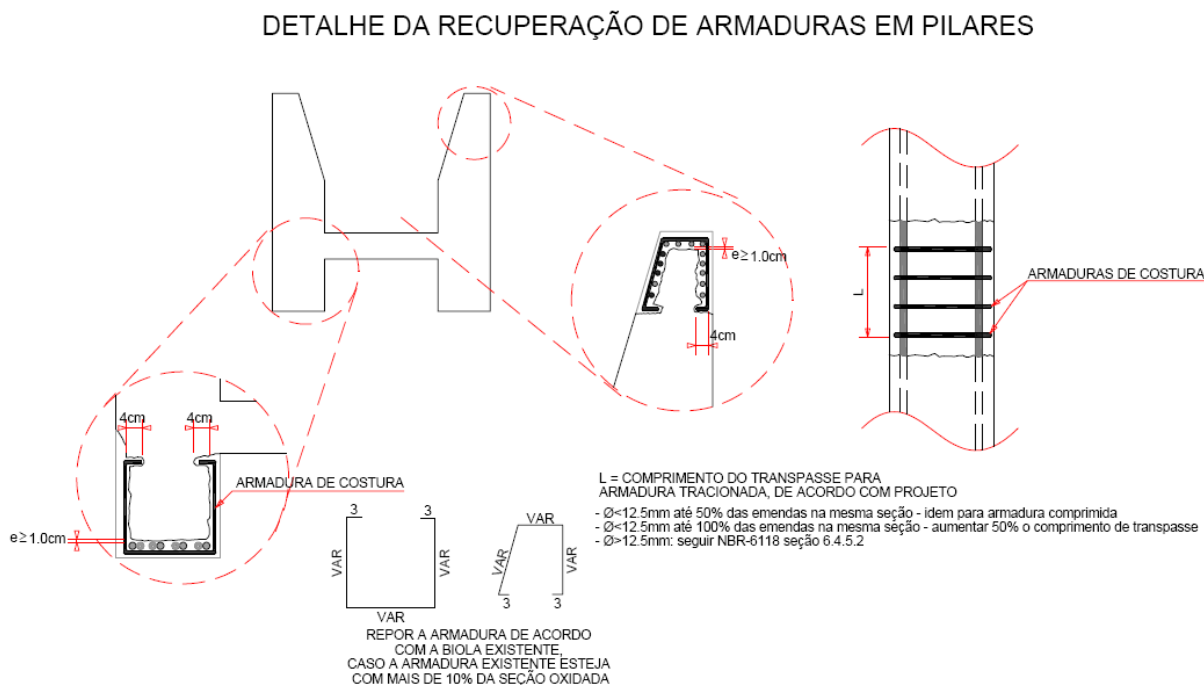


Figura 38- Detalhe de procedimento de recuperação de armadura de pilares.

a. Preparação do Substrato

Se necessário, manter as paredes devidamente escoradas, e com utilização de ponteiros e marretas leves, escarificar manualmente (poderá ser utilizada escarificação mecânica com martetele elétrico) de fora para dentro, evitando golpes bruscos que possam lascas as arestas ou danificar a peça. Após, retirar toda a camada superficial de recobrimento da peça existente, retirando todo o material solto ou fissurado, mantendo uma superfície rugosa e coesa com boas condições de aderência.

b. Limpeza das Armaduras

Após escarificação e limpeza do substrato, deve ser removido todo material impregnado nas armaduras incluindo as partículas soltas e outros materiais oriundos da corrosão. Esta retirada de material deverá ser feita manualmente através de escovas de aço e lixa de ferro.

c. Passivação das Armaduras

Após a limpeza das armaduras, estas deverão receber aplicação de *primer* para armaduras Nitroprimer Zn ou similar, a fim de cessar o processo corrosivo. As armaduras que tiverem sua seção reduzida em 10% deverão ser substituídas conforme detalhe a ser fornecido de acordo com o caso em questão.

d. Preenchimento das Cavidades

As cavidades deverão ser preenchidas com argamassa polimérica Renderoc S2, graute Conbextra GP ou Sika Grout 250. Deve-se pressionar a massa fortemente contra o substrato com auxílio de colher de pedreiro, sempre protegido por luvas, até se atingir a espessura desejada, assegurando total compactação. Conforme o produto escolhido deverá ser observado sempre a especificação do fabricante no seu rótulo ou bula.

5.4. RECUPERAÇÃO DAS FISSURAS

5.4.1 TRATAMENTO DE FISSURAS RACHADURAS OU BRECHAS

O tratamento de peças fissuradas está diretamente ligado à identificação da causa da fissura se a obra requer ou não reforço. A terapia é fruto de um bom diagnóstico e da identificação e classificação da fissura.

As terapias deverão ser típicas e conforme a atividade ou inatividade da fissura.

No caso de fissuras ativas se possível devemos eliminar as causas que geram a fim de torna-las inativas.

Para fissuras ativas devemos utilizar um material elástico para vedação da mesma.

Para fissuras inativas podemos fazer a vedação com material resistente e aderente, normalmente resina epoxidica.

5.4.2 TÉCNICA DE INJEÇÃO DE FISSURAS

As fissuras com abertura superior a 0,1 mm devem ser injetadas e este procedimento é feito sob baixa pressão ($\leq 0,1$ MPa).

Para fissuras com aberturas superiores a 3,0 mm e não muito profundas o preenchimento pode ser por gravidade ou espátula.

Entende-se por injeção, a técnica que garante o perfeito enchimento do espaço formado entre as bordas de uma fenda, independentemente de se estar injetando para restabelecer o monolitismo de fendas passivas, caso em que são usados materiais rígidos, como epóxi e grouts, ou para a vedação de fendas ativas onde se devem injetar resinas acrílicas ou poliuretânicas.

As resinas epoxidicas são as preferidas nas fissuras inativas por serem produtos não retrátil de baixa viscosidade, altas capacidades resistentes e aderentes, e resistentes a agentes agressivos e de rápido endurecimento.

Estas resinas são fornecidas em bi componentes, uma resina e a outra o endurecedor que são misturados por misturadores elétricos de baixa rotação que se homogeneizam em um tempo de 2 a 3 minutos.

A seleção do tipo de resina epoxidica a utilizar deverá ter basicamente 3 aspectos, além das garantias de qualidade básicas (ausência de retração, aderência, resistência, etc.) sendo função direta da patologia do quadro fissuratório com o qual se esta lidando.:

- Viscosidade;
- Módulo de Elasticidade;

- Pot-life da mistura, ou seja, coeficiente de polimerização, a ser regulado em função da temperatura ambiente.

A viscosidade deve ser adotada de acordo com a abertura da fissura:

Fissuras $< 0,2$ mm, resinas epóxi líquidas bastante fluidas com viscosidade em torno de 100 cps a 20°C;

Fissuras $0,2 \text{ mm} < w < 0,6$ mm, resinas líquidas com viscosidade de 500 cps a 20°C;

Fissuras $0,6 \text{ mm} < w < 3,0$ mm, resinas epóxi líquidas com viscosidade máxima de 1500 cps a 20°C.

Fissuras $w > 3,0$ mm resinas epóxis puras.

No sistema CGS a unidade de viscosidade é o Poise, sendo um Poise = 0,1 Pa.s ou seja centipoise (cp) é igual a 1mPa.s

$$1 \text{ P} = 1 \text{ g.cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \text{ (CGS)}$$

$$1 \text{ Pa.s} = 1 \text{ Kg.m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = 10 \text{ P}$$

O poise é frequentemente utilizado como o prefixo centi:

$$1 \text{ centiPoise} = 1 \text{ miliPascal.s (SI)}$$

A água tem viscosidade 0,891 centipoise a 25°C.

a) Injeção

1º). Abertura de furos ao longo do desenvolvimento da fissura, com diâmetro da ordem dos 10 mm e não muito profundos (30 mm), obedecendo o espaçamento (l) que deve variar entre os 50 mm e os 300 mm, em função da abertura da fissura;

2º). Exaustiva e consistente limpeza da fenda ou conjunto de fissuras, se for o caso, e dos furos, com ar comprimido, por aplicação de jatos, seguida de aspiração, para remoção das partículas soltas, não só as originalmente existentes (sujeiras) mas também as derivadas da operação de furação.

3º). Nos furos, são fixados tubinhos plásticos, de diâmetro um ponto inferior à furação, com parede pouco espessa, através dos quais será injetado o produto. A fixação é feita através do próprio adesivo que selara o intervalo de fissura entre dois furos consecutivos.

4º). A selagem é feita pela aplicação de cola epóxi bi componente, aplicada com espátula ou colher de pedreiro. Ao redor dos tubos plásticos, a concentração da cola deve ser ligeiramente maior de forma a garantir a fixação deles.

5º). Antes de se iniciar a injeção, a eficiência do sistema deve ser comprovada, o que pode ser feito com aplicação de ar comprimido, testando então a intercomunicação entre os furos e a efetividade da selagem. Se houver obstrução de um ou mais tubos, será indicio de que haverá necessidade de reduzir-se o espaçamento entre eles, inserindo-se outros furos entre os existentes;

6º). Testado o sistema e escolhido o material, a injeção pode então iniciar-se, tubo a tubo, sempre com pressão crescente escolhendo-se normalmente como primeiros pontos aqueles situados em cotas mais baixas.

Obs: Mantem-se a pressão por ate 15 min para preenchimento total das fissuras.

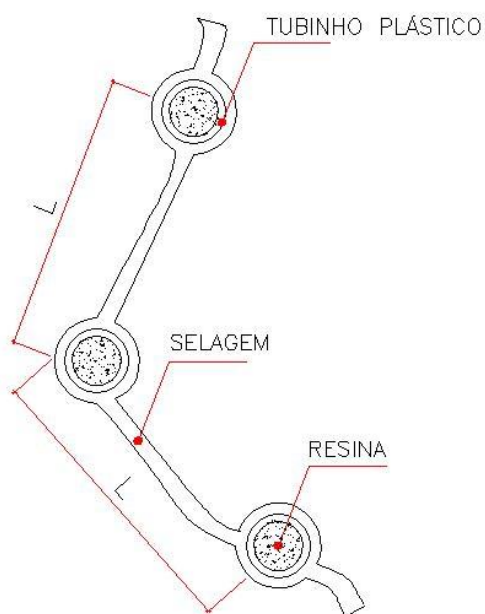


Figura 39 – Detalhe injeção de fissura

A garantia da eficiência da selagem pode ser verificada através da retirada de testemunho e verificar a penetração da resina por observação e admite-se como aceitável se penetrar ate 90% da profundidade da fissura.

b) Selagem

A selagem é a técnica de vedação dos bordos das fissuras ativas pela utilização de um material necessariamente aderente, resistente mecânica e quimicamente e com modulo de elasticidade suficiente para adaptar-se a deformação da fenda.

Para as situações de fendas com aberturas inferiores a 10 mm, o processo de selagem descrito no item 4 anterior:

1º) $10\text{ mm} \leq w \leq 30\text{ mm}$ - o enchimento da fenda, sempre na mesma direção, com grout, podendo, em alguns casos haver adição de carga de areia, procedendo-se a selagem convencional das bordas, com produto a base de epóxi, conforme figura.

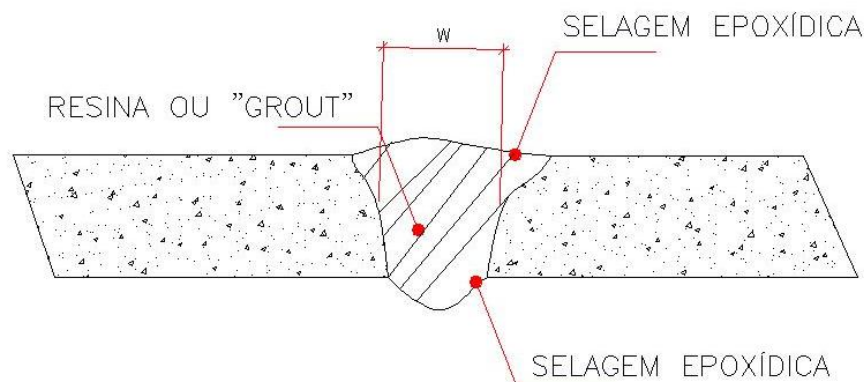


Figura 40 – Detalhe selagem $10\text{ mm} < w < 30\text{ mm}$

2º) $w > 30\text{ mm}$ - a selagem aqui passa a ser encarada como se fosse a vedação de uma junta de movimento o que prevê a inserção de um cordão em poliestireno extrudado, ou mangueira plástica, para apoio e isolamento do selante do fundo da fenda. Outra solução é a preparação das bordas através de lábios poliméricos e aplicação de juntas de neoprene ou mastique elástico.

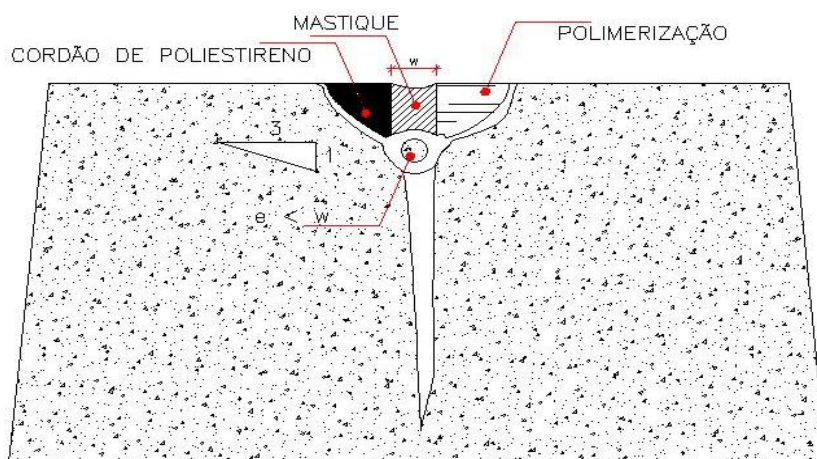


Figura 41 – Detalhe selagem $> 30\text{ mm}$

c) Costura das Fissuras (Grampeamento)

Nos casos de fissuras ativas em que o desenvolvimento delas acontece segundo linhas isoladas e por deficiências localizadas de capacidade resistente, poderá vir a ser conveniente a disposição de armadura adicional, de forma a resistir ao esforço de tração extra que provocam a fissura.

Em função do seu aspecto e de seu propósito, estas armaduras são chamadas grampos, sendo este o processo de costura das fendas.

A técnica é de discutível aplicação, caso não haja o perfeito diagnóstico e a necessidade ou não de novas armaduras, pois aumenta a rigidez da peça localizadamente e, se o esforço gerador da fenda continuar, com certeza produziu uma nova fissura em região adjacente.

Em qualquer situação e para minorar estes efeitos, os grampos devem ser dispostos de forma a não introduzirem esforços em linha, nem mesmo os de ancoragem no concreto, pelo que devem ser diferentes inclinados em relação ao eixo da fissura e ter comprimentos variáveis de forma a não constituir uma linha uniforme nos pontos de ancoragem.

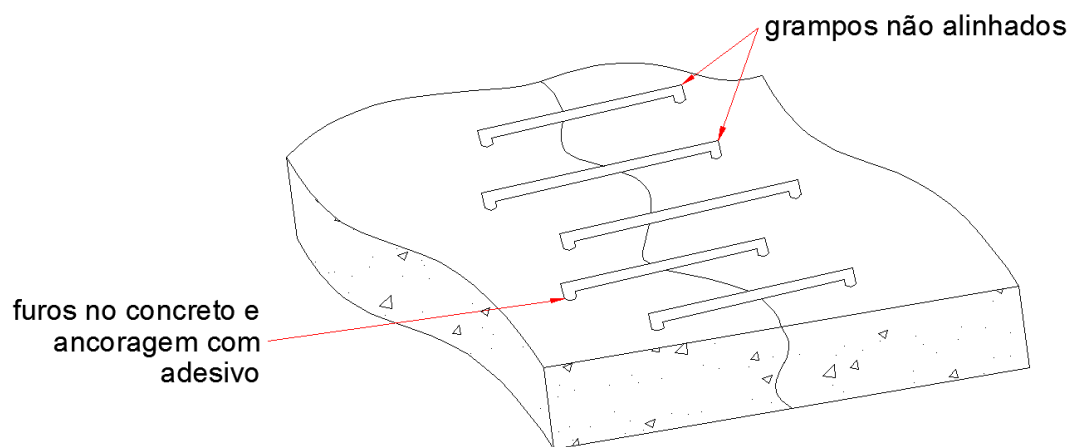


Figura 42 – Detalhe costura de fissura

As etapas de execução da técnica de costura de fissuras são:

1º) Sempre que possível descarregamento da estrutura ou escoramento de forma a desmobilizar o carregamento.

2º) Execução de berços na superfície de concreto, para assentamento das barras de costura, incluindo nesta se a opção for por ancoragem mecânica, se a ancoragem for em furos estes devem ser através de adesivo estrutural.

3º) se a opção for por injeção da fenda com resinas epoxídicas ou cimentícias, fazendo a selagem a um nível inferior ao berço executado.

O grampeamento deve ser sempre após a injeção.

4º) Colocação dos grampos e complementação dos berços executados com o mesmo adesivo utilizado para a selagem.

5º) as fendas devem ser costuradas nos dois lados da peça, se for o caso de a peça estar sendo tracionada ou por esforço de dilatação.

5.5. REPARO EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS

Quando os serviços a serem executados numa intervenção não implicarem na introdução de materiais com finalidade de aumentar ou refazer a capacidade resistente da estrutura chamamos estes trabalhos de recuperação ou de reparo da estrutura.

De acordo com o dano os reparos poderão ser rasos ou superficiais, semi profundos ou profundos.

a) Reparos rasos são classificados de acordo com a área que deve ser reparada, em pequenas ou grandes áreas a técnica ou matérias dependera do tipo, da extensão dos danos e de fatores econômicos. Estes reparos rasos são ate 2 cm de profundidade sendo considerado pequenos ate 15 cm² os demais são grandes.

b) Reparos semi profundos são aqueles que a profundidade estiver entre 2 e 5 cm e normalmente atingem as armaduras.

c) Reparos profundos são aqueles que atingem mais de 5 cm para sua execução as cavidades deverão ser cuidadosamente preparadas devendo-se remover todo concreto danificado muitas vezes é necessário a utilização de formas e a aplicação de material de preenchimento ser aplicado em camadas.

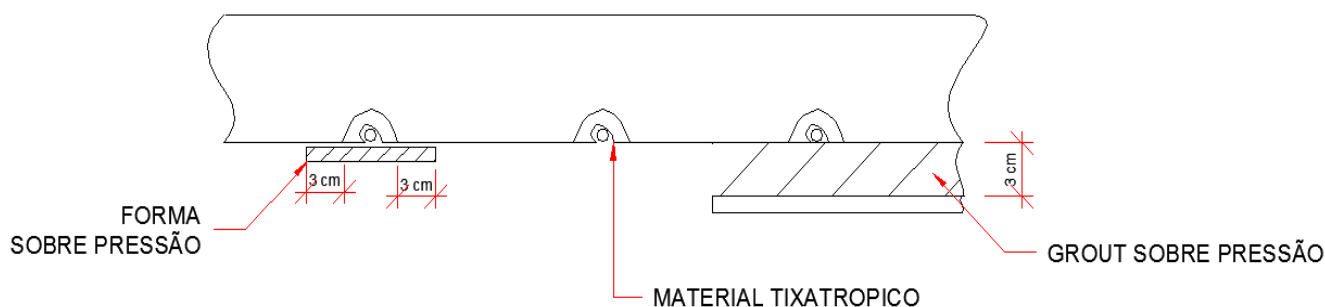


Figura 43 – Detalhe reparo estrutural

5.5.1. MATERIAL DE REPARO

a) Grout

O grout de base mineral ou a base de epóxi é uma argamassa de grande fluidez, alta resistência, não retrátil e auto adensável e deve ser utilizado em reparos profundos e semi-profundos o substrato deve sempre estar úmido nunca encharcado. O grout atinge altas resistências iniciais e as formas podem ser retiradas em 24 horas ou ser usado o tixotropico que dispensa o uso de formas.

5.6. REPOSIÇÕES DE ARMADURAS

No caso de complementação de armaduras existentes que perderam seção, a situação típica é:

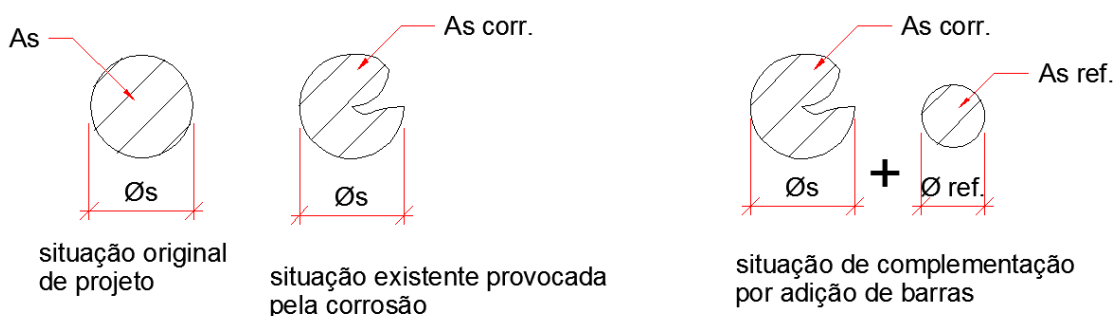


Figura 44 – Reposição das Armaduras

É comum admitir-se, no entanto, alguma redução na seção transversal da armadura existente sem que isto implique, diretamente, haver necessidade de complementação, lançando mão da

possibilidade de que se conviva com alguma flexibilidade relativamente ao coeficiente de segurança global que, se irá obter, após a recuperação.

A aceitação de menor área de aço é mais interessante particularmente em termos de durabilidade, do que a adição de um elemento que venha a complicar os trabalhos de recuperação.

Assim, é costume adotar-se o princípio de que a necessidade de adição de uma nova barra existe sempre que a redução da seção da barra corroída tiver ultrapassado 15% ou a redução de 10% do diâmetro, ou seja:

$$A_{s\ corr} \leq 0,85 A_s \quad \text{ou} \quad \phi_{eq} < 0,90 \phi_s$$

Em geral podemos recorrer a seguinte situação:

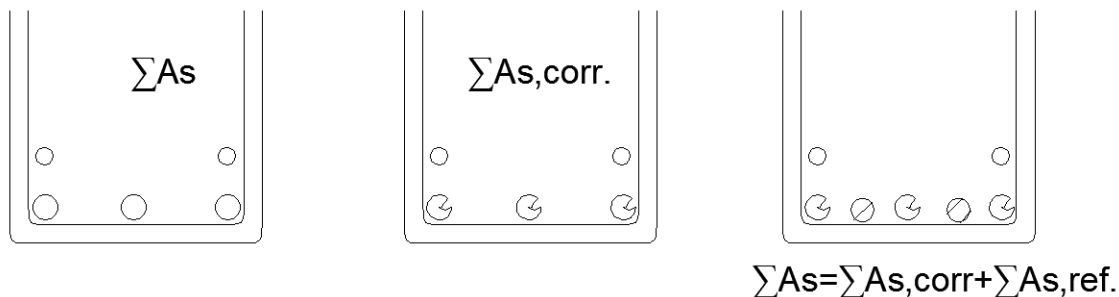


Figura 45 – Detalhe genérico de adição de novas barras

5.7. MATERIAL PROTEÇÃO E UNIFORMIZAÇÃO DA FACHADA



Figura 50 – Preparo da Superfície



Figura 50 – Aplicação de Argamassa fina Monocomponente para acabamento em concreto aparente Cinza Concreto



Figura 50 – Aplicação de Argamassa fina Monocomponente para acabamento em concreto aparente Cinza Clara



Figura 50 – Cinza concreto aplicação de hidrofugante a base de silano/siloxano



Figura 50 – Cinza claro aplicação de hidrofugante a base de silano/siloxano



Figura 51 – Cinza concreto com hidrofugante a base de silano/siloxano teste de absorção de água



Figura 52 – Cinza claro com hidrofugante a base de silano/siloxano teste e absorção de água



Figura 53 – Comparativo de absorção de água com a aplicação de hidrofugante silano/siloxano (Formação de bolhas d'água sem absorção)

6. CONCLUSÃO

Dentro do observado, até a data deste parecer, existem indícios de manifestações patológicas nos elementos estruturais com consequentes fissuras, rachaduras, e segregação de concreto e absorção de água e CO₂ que podem comprometer a segurança da construção ou indicar desconformidade quanto a resistências dos elementos estruturais. Infiltração de umidade através de lajes e reservatórios que comprometem a vida útil dos elementos estruturais. Consideramos urgente a recuperação estrutural, a impermeabilização para cessar as causas de infiltração. Consideramos também importante após intervenção na fachada que se uniformize a cor com aplicação de **Argamassa fina monocomponente para acabamento em concreto** mantendo a aparência de concreto aparente uniforme e sem marcas da intervenção recuperativa e a aplicação de silano/siloxano que protege contra a absorção de umidade e de CO₂ que reconstitui a vida útil da estrutura.

7. DOCUMENTOS EM ANEXO

7.1 Mapas de fotos das manifestações observadas;

7.2 Relação de Área de Reparo;

7.3 ART nº 1720210861715;

7.4 Ficha Técnica dos Materiais Recomendados;

7.5 Planilhas Orçamentarias e Cronograma.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 6118/2003 (Projeto de Estruturas de Concreto Armado)
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 6120/1980 (Cargas para Cálculo de Estruturas de Edificações)
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 13531/1995 (Elaboração de Projetos de Edificações)
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 5674/1999 (Manutenção de Edificações)
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 5626/2005 (Instalação Predial de Água Fria)
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 9574/2009 (Execução de Impermeabilização)
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 9575/2010 (Impermeabilização Seleção e Projeto)
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 16747/2020 (Inspeção Predial- Diretrizes, Conceitos e Procedimentos)
- Medeiros, Rui (2006) – Notas de Aula UFPR
- FUSCO, Bráulio Péricles (2008) – Tecnologia do Concreto Estrutural - Pini
- FUSCO, Bráulio Péricles (2008) – Estruturas de Concreto – Solicitações Tangenciais Pini
- FUSCO, Bráulio Péricles (1981) – Estruturas de Concreto – Solicitações Normais – Editora LTC
- MEDEIROS, Arthur (2007) – Aplicação do Ultrassom para Estimativa da Profundidade de Fissuras Superficiais e na avaliação da Eficácia de Injeções em Elementos de Concreto Armado – Dissertação de Mestrado – UFSC
- SANCHES, Emil de Souza (1999) – Nova Normatização Brasileira para o Concreto Estrutural.
- THOMAS, Ercio (1989) - Trincas em Edifícios – Causas, Prevenção e Recuperação. – Pini
- RED REHABILITAR (2003) – Manual de Reparo Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto
- RIPPER, Thomaz (1998) – Patologia Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto – Pini
- HELENE, Paulo (1992) – Manual para Reparo Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto – Pini – Fosroc
- MELLO, V, F, B.; TEIXEIRA, A.H. (1975) Deformação como base fundamental de escolha de fundação, Revista Geotécnica, nº 12, Lisboa
- VARGAS, M; NÁPOLIS, A.D.F. Mecânica dos Solos Capítulo 1. Manual do Engenheiro Globo, Porto Alegre, Editora Globo. Vol. 4
- CAPUTO, HOMERO PINTO – Mecânica dos Solos 5ª revisão Vol I, II, III. LTC Rio de Janeiro 1983
- ALONSO, URBANO RODRIGUES – Exercícios de Fundações. Editora Edgard Blucher Ltda. 1983
- MORAES, MARCELLO DA CUNHA – Estruturas de Fundações. MacGraw-Hill do Brasil. 1976
- MOLITERMO, ANTONIO – Caderno de Muros de Arrimo. Edgard Blucher Ltda. 1980
- MARCHETTI, OSVALDEMAR – Muros de Arrimo. Edgard Blucher Ltda. 2008



Este é o meu parecer, e para tal, firmo o presente.


Rui Medeiros CREA 5115/D-PR