

LAUDO DE RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL



RODOVIÁRIA MUNICIPAL DE CEM JOAÇABA

FLORIANÓPOLIS, JANEIRO DE 2026



SUMÁRIO

1.	PONDERAÇÕES INICIAIS	5
2.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	6
2.1.	CORROSÃO DAS ARMADURAS	7
2.1.1.	TIPOS DE CORROSÃO DAS ARMADURAS	10
2.1.1.1.	CARBONATAÇÃO	10
2.2.	ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS	12
2.2.1.	ENSAIO DE PACOMETRIA	12
2.2.2.	ESCLEROMETRIA	13
2.2.3.	ENSAIO DE PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO	13
2.2.4.	ENSAIO DE POTENCIAL DE CORROSÃO	14
2.2.5.	ENSAIO DE RESISTIVIDADE ELÉTRICA	14
3.	DIAGNÓSTICO	14
4.	PROCEDIMENTO DE REPARO DOS PILARES E VIGAS	33
5.	PROCEDIMENTO DE REPARO DAS LAJE	41
6.	PROCEDIMENTO DE REPARO DA GALERIA	42
7.	SUGESTÃO DE MATERIAIS UTILIZADOS NA RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO. ...	43
	BIBLIOGRAFIA	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização.....	5
Figura 2 - classe de agressividade do concreto - NBR 6118:2014	7
Figura 3 - Representação esquemática do processo eletroquímico de corrosão das armaduras no concreto armado	8
Figura 4 - Pilha eletrolítica	9
Figura 5 - Tipos de corrosão e fatores que as provocam.....	10
Figura 6 - Processo de carbonatação da armadura	11
Figura 7 - Ensaio de Pacometria	13
Figura 8 - Ensaio de profundidade de carbonatação.....	14
Figura 9 - Croqui da região com vulnerabilidade estrutural.....	16
Figura 10 - Estrutura analisada	17
Figura 11 - Rachadura na alvenaria e encunhamento da sala de manutenção.....	19
Figura 12- Trinca no encunhamento e a 45º na alvenaria.....	20
Figura 13 - Trinca 45º na alvenaria fachada frontal	21
Figura 14 - Trinca 45º na alvenaria fachada frontal	21
Figura 15 - Rachadura entre alvenaria e estrutura banheiro feminino	22
Figura 16 - Rachadura entre alvenaria e estrutura banheiro feminino	22
Figura 17 - Trinca com efflorescência na calha pluvial da viga V7	22
Figura 18 - Rachadura a 45º parede que divide o banheiro masculino e feminino	22
Figura 19 - Fissuras laje do ambiente utilizado como copa e na viga V7.....	23
Figura 20 - Fissuras laje do ambiente utilizado como copa e na viga V7.....	23
Figura 22 - Fissura V7C com 0,15mm	23
Figura 21 - Fissura viga V7A com 0,10mm de espessura.....	23
Figura 23 - Colagem de gesso e vidro na laje área da copa em 12/01	23
Figura 24 - Colagem de gesso e vidro na viga V7 em 12/01	23
Figura 25 - Monitoramento rachadura 45 graus parede do banheiro feminino em 12/01.....	24
Figura 26 - Monitoramento rachadura 45 graus parede do banheiro feminino em 12/01.....	24
Figura 27 - Monitoramento rachadura 45 graus parede do banheiro feminino em 12/01.....	24
Figura 28 - Monitoramento rachadura 45 graus parede do banheiro feminino em 12/01.....	25
Figura 29 - Monitoramento rachadura 45 graus parede do banheiro feminino em 12/01.....	25
Figura 30 - Monitoramento rachadura 45 graus parede do banheiro feminino em 12/01.....	25
Figura 31 - Monitoramento fissura bwc feminino em 12/01	25
Figura 32 : Monitoramento fissura.....	26
Figura 33 - Monitoramento fissura laje sala depósito em 12/01	26
Figura 34 - Parede de alvenaria assentada direto sobre o piso.....	27
Figura 35 - Indício de recalque diferencial	27
Figura 36 - - Desnível de aproximadamente 5cm	28
Figura 37 - Desnível de aproximadamente 5cm	28
Figura 38 Desmembramento viga V7 com a laje e fissura na alvenaria do depósito de materiais	28
Figura 39 - Desmembramento viga V7 com a laje e fissura na alvenaria do depósito de materiais	28
Figura 40 - Furação na viga V2 dentro do mezanino	29
Figura 41 - Armadura exposta no pilar P3	29
Figura 42 - Escavação da fundação.....	29
Figura 43- Escavação da fundação.....	29
Figura 44 - Presença de umidade elementos estruturais do banheiro feminino	30
Figura 45 - Presença de umidade no banheiro masculino	30
Figura 46 - Pontos de umidade na laje de cobertura na junta de dilatação estrutural.....	30
Figura 47 - Presença de umidade em toda extensão da calha de concreto	30
Figura 48- Presença de umidade em toda extensão da calha de concreto.....	30
Figura 49 - Gotejamento pela fissura da laje do depósito.....	31
Figura 50 - Gotejamento pela fissura da laje do depósito.....	31
Figura 51- Segregação do concreto na laje da galeria	31

Florianópolis - SC – 48-9.8408-61553

Eng. Civil Maicon Lucion Chimello – CREA-SC 140.764-8

Figura 52 - Segregação do concreto na laje da galeria	31
Figura 54- Laje da galeria com.....	32
Figura 53 – Laje da galeria com presença de raízes.....	32
Figura 55- Armadura exposta	32
Figura 56 - Armadura exposta	32
Figura 57 - Diferença de potencial menor -350 indicando alta probabilidade de corrosão da armadura	33
Figura 58 - Diferença de potencial menor -350 indicando alta probabilidade de corrosão da armadura	33
Figura 59 - Apicoamento	34
Figura 60 - Aplicação de indicadores no concreto para determinação da qualidade do concreto	35
Figura 61 - Aspecto final da cavidade na intervenção de corte de concreto	35
Figura 62 - Limpeza com escova de Aço	36
Figura 63 -Limpeza por aplicação de jato de água.	36
Figura 64 - Tipos de solda.	36
Figura 65 - Adição de armadura complementar sem comprometer o cobrimento do concreto	37
Figura 66 - Reposição da seção original do aço com adição de novas barras	38
Figura 67 - - Ilustração de colocação de barra de reforço em vigas	38
Figura 68- aplicação da resina para promover a aderência do concreto..	39
Figura 69- grauteamento de um reparo.	40



Neste relatório constam informações e considerações observadas nas estruturas de concreto armado, vedação e solo da edificação.

Primeiramente, está sendo realizado uma inspeção visual, donde obtém-se informações úteis dos tipos de patologias observadas nos elementos estruturais da edificação.

Este relatório apresenta as conclusões das anomalias detectadas através da inspeção visual, e são indicados ensaios não destrutivos que tem o potencial para determinar os danos que não são visíveis no interior da estrutura.

Como objetivo complementar com a execução dos ensaios não destrutivos, pode-se determinar a vida útil da estrutura, baseado em modelos de previsão de vida existentes com a estimativa de profundidade de carbonatação, da espessura do cobrimento e da resistência do concreto a compressão.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A edificação da Rodoviária de Joaçaba é composta por sistema estrutural em concreto armado moldado in loco, constituído por fundações, pilares, vigas e lajes. A estrutura apresenta idade avançada, com período construtivo anterior a diversas revisões normativas atualmente vigentes, o que justifica a adoção de cobrimentos reduzidos, soluções construtivas menos conservadoras e ausência de detalhes atualmente considerados essenciais para durabilidade e desempenho estrutural.

Observa-se que parte dos elementos estruturais encontra-se exposta a agentes agressivos, tais como umidade constante, infiltrações, falhas de impermeabilização e variações térmicas, fatores que contribuem significativamente para o surgimento e evolução das manifestações patológicas identificadas.

Ressalta-se que, à época da construção da edificação, as normas técnicas vigentes permitiam cobrimentos de armadura significativamente menores que os atualmente exigidos, sendo comuns valores da ordem de 1,5 a 2,5 cm para lajes, vigas e pilares. Tais critérios estavam em conformidade normativa no período construtivo, porém resultam, atualmente, em menor



proteção das armaduras frente aos agentes agressivos, contribuindo para a redução da vida útil da estrutura.

Atualmente, a norma prevê um valor para o cobrimento na ordem de 2,5 cm ou 4,0 cm, aumentando a vida útil das edificações. Para o edifício em estudo, devido à proximidade com o rio, a classe de agressividade, se a construção fosse executada hoje seria III, com um cobrimento de armado de 3,5 a 4,0cm, conforme imagem abaixo

TABELA

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental	
		I	II
		Cobrimento mínimo (cm)	
Concreto armado	Lajes	20	25
	Viga / Pilar	25	30
	Elementos estruturais em contato com o solo	30	

Figura 2 - classe de agressividade do concreto - NBR 6118:2014

2.1. CORROSÃO DAS ARMADURAS

Segundo Dal Molin (1988 apud Andrade, 1982, p.50), a maioria dos concretos possui a propriedade de proteger as armaduras contra a corrosão das duas maneiras: primeiramente, funcionando como um isolante, gerando uma barreira física para evitar a corrosão, tendo a impermeabilidade e o cobrimento do concreto, como características fundamentais, e; em segundo lugar garantindo uma proteção química devido ao caráter alcalino do concreto, funcionando como uma capa passivante em torno das armaduras.

Alguns fatores, como, carbonatação, presença de agentes agressivos incorporados no concreto ou no ambiente, espessura do cobrimento menor que a recomendada, e presença de fissuras, podem vir a prejudicar a proteção física e química, fazendo com que a armação seja atingida por

elementos agressivos, desencadeada na sua oxidação (FIGUEIREDO & MEIRA, 2013; SOUZA e RIPPER 2009).

Conforme THOMAZ (2009), as reações de corrosão independentemente de sua natureza, produzem óxido de ferro. Vittorio (2003) afirma que o volume do óxido de ferro produzido é aproximadamente 8 vezes maior que do ferro e a força de expansão expelle o concreto do cobrimento, expondo totalmente a armadura à ação agressiva do meio. Essa expansão provoca o fissuramento e o lascamento (“spalling”) do concreto nas regiões próximas as armaduras, como pode ser observado na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

A corrosão, de uma maneira geral, pode ser entendida como uma ação química ou eletroquímica, do meio sobre um determinado material, causando sua deterioração. O processo eletroquímico da corrosão do aço ocorre com a geração de um potencial elétrico, na presença de um eletrólito, em contato com condutor metálico, no caso das estruturas de concreto armado, o eletrólito é a solução aquosa existente no concreto e condutor metálico a própria barra de aço.

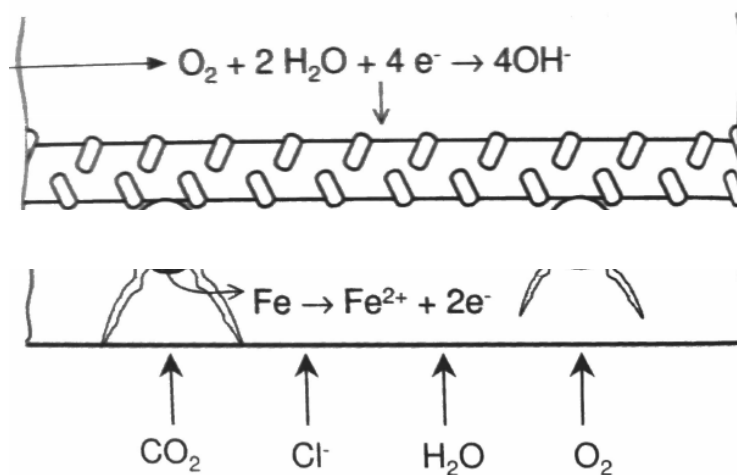


Figura 3 - Representação esquemática do processo eletroquímico de corrosão das armaduras no concreto armado

A diferença de potencial é gerada a partir da passagem de átomos de ferro à superfície aquosa, transformando-se em cátions de ferro (Fe^{++}), tendo a barra de aço assumido carga negativa. O efeito de pilha é gerado pelo local onde se instala a corrosão pela geração de uma corrente elétrica dirigida do anodo para o catodo (ver **Erro! Fonte de referência não**

encontrada.), através do eletrólito, e do catodo para o anodo, através da diferença de potencial da própria barra de ferro que está sofrendo a corrosão.

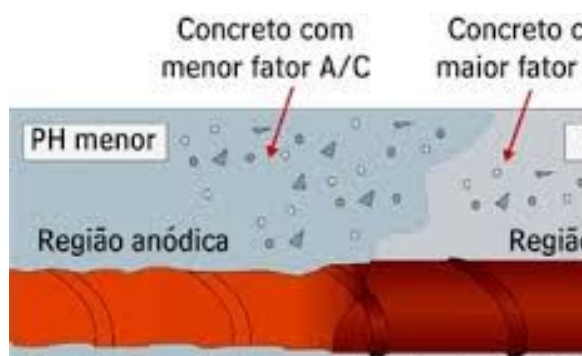


Figura 4 - Pilha eletrolítica

Diante do exposto tende-se a não ocorrer corrosão de armaduras em concretos secos nem em saturados. Em ambientes de baixa umidade relativa o processo de corrosão da armadura por carência de eletrólito é dificultado, enquanto, em ambientes de elevada umidade, o processo é acelerado. E no segundo caso, a carência de oxigênio provoca a diminuição das reações de redução, controlando a velocidade de oxidação do metal em função de velocidade com que os elétrons gerados na zona anódica são consumidos na zona catódica.

A proteção química é conferida pelo elevado pH do concreto (entre 12,6 e 14), o qual promove a formação de uma película passivadora que envolve o aço. Enquanto a alcalinidade for superior a 9, estará garantida a criação da referida película.

A desp passivação da armadura requer primeiramente a decomposição pela ação química e/ou pela remoção, através da ação mecânica, dos cristais de hidróxido de cálcio, que estão presentes na camada de concreto que envolve a armação, e pela destruição da película passivadora que a protege, posteriormente formando uma célula de corrosão, responsável pela propagação da corrosão.

2.1.1. TIPOS DE CORROSÃO DAS ARMADURAS

As formas mais comuns de serem encontradas de corrosões nas armaduras de concreto armado são corrosão generalizada irregular e a corrosão puntiforme (ver Figura 5). Para o primeiro caso o agente causador é o dióxido de carbono por meio da carbonatação e, para o segundo caso o agente causador são os íons de cloreto que causam corrosão localizada das armaduras.

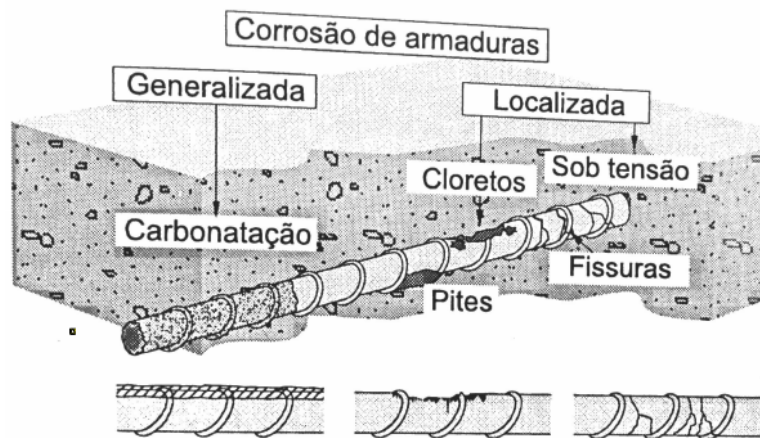


Figura 5 - Tipos de corrosão e fatores que as provocam

O fenômeno da corrosão está normalmente ligado a fases, o qual, na sua forma original, apresenta uma fase de iniciação e outra fase de propagação da corrosão. A fase de iniciação se caracteriza pela penetração dos agentes agressivos, até o momento no qual a armadura se despassiva e a partir do momento da despassivação da armadura, inicia-se a fase de propagação da corrosão, que é caracterizada pelo desenvolvimento das reações de corrosão.

2.1.1.1. CARBONATAÇÃO

A carbonatação é uma das causas mais frequentes da corrosão em estruturas de concreto armado. Ela ocorre quando o gás carbônico (CO_2)

penetra nos poros do concreto, se diluindo na umidade da estrutura, formando o composto chamado de ácido carbônico (H_2CO_3).

Este ácido reage com alguns componentes da pasta de cimento hidratada e resulta em água e carbonato de cálcio (CaCO_3). O composto que reage rapidamente com (H_2CO_3) é o hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). O carbonato de cálcio não deteriora o concreto, porém durante a sua formação consome os álcalis da pasta (Exemplo: $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e C-S-H) e reduz o pH.

Souza e Ripper (2009) afirmam que este processo faz o pH da solução de equilíbrio do concreto armado cair de, aproximadamente, 12,5 para valores de pH inferiores a 9. E, segundo Vitório (2003), esta redução do pH, acarreta a despassivação da armadura e, desta forma, começam a surgir fissuras e desprendimentos da camada de cobrimento do concreto.

Neste contexto, Polito (2006) ressalva que os constituintes presentes na atmosfera que podem causar a redução do pH são o CO_2 (gás carbônico), o SO_2 (dióxido de enxofre) e o H_2S (gás sulfídrico), sendo que o principal é o primeiro, daí o nome de carbonatação.

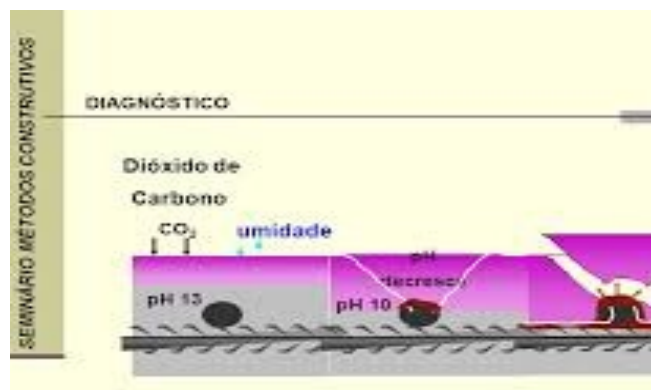


Figura 6 - Processo de carbonatação da armadura

O fenômeno da carbonatação se dá pelo mecanismo de difusão; e a velocidade e a profundidade de carbonatação estão atreladas a fatores externos e intrínsecos ao concreto.

Esses fatores externos são:

- a) Quantidade de CO₂ do meio, a velocidade de carbonatação depende da elevação da relação água/cimento.
- b) Umidade relativa do ar: a umidade influencia diretamente na quantidade de água contida nos poros do concreto, e esta, na difusão do CO₂.
- c) Fissuração: nos casos em que a abertura das fissuras seja significativa (acima de 0,4 mm), a penetração da carbonatação é acelerada, seguindo a orientação dada pela direção das fendas, para o interior do concreto e rumo às barras da armadura.
- d) Porosidade: a penetração do CO₂, será determinada pela forma e estrutura do poro e se os poros estão preenchidos por água ou não. Se os poros estiverem preenchidos de água, quase não haverá carbonatação, por causa da baixa taxa de diluição de CO₂ na água.

Estando a carbonatação intimamente relacionada à redução do pH, a forma mais comum de constatação da carbonatação é através de indicadores químicos de pH. O teste químico consiste em aplicar sobre a superfície de concreto recém exposto a solução alcoólica de fenolftaleína a 1% ou solução aquosa timolftaleína a 1%, a observação da mudança de coloração indicará a área afetada.

2.2. ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

2.2.1. ENSAIO DE PACOMETRIA

Este ensaio visa determinar a localização, quantidade e diâmetro das armaduras bem como o seu cobrimento de concreto.





Figura 7 - Ensaio de Pacometria

2.2.2. ESCLEROMETRIA

Este ensaio visa determinar a dureza superficial do concreto no ponto é realizado em ensaio. Obtém-se dados estimativos e correlacionados com uma curva de calibração do aparelho podendo-se estimar a resistência de compressão do concreto.

2.2.3. ENSAIO DE PROFUNDIDADE DE CARBONATAÇÃO

Este ensaio tem a função de determinar o pH do concreto. O ensaio consiste em submeter uma superfície de concreto. O indicador

químico será a base de fenolftaleína.



Figura 8 - Ensaio de profundidade de carbonatação

2.2.4. ENSAIO DE POTENCIAL DE CORROSÃO

Este ensaio identifica os locais da peça onde as condições termodinâmicas são favoráveis ao início do processo de corrosão, ainda que a armadura não apresente sinais na superfície de concreto que a envolve.

2.2.5. ENSAIO DE RESISTIVIDADE ELÉTRICA

Este ensaio tem a função de controle e monitoração da corrosão das armaduras, ele permitirá determinar a velocidade de corrosão.

3. DIAGNÓSTICO

A partir das inspeções visuais realizadas em campo, associadas ao levantamento fotográfico e à análise do comportamento construtivo da edificação, foi possível identificar manifestações patológicas concentradas, principalmente, nos elementos estruturais externos e nas regiões adjacentes à galeria técnica localizada no nível inferior da edificação.

A galeria apresenta condições desfavoráveis de ventilação e iluminação natural, além de histórico de umidade constante e infiltrações recorrentes, fatores que contribuem significativamente para a aceleração dos processos

de degradação dos elementos em concreto armado. Observa-se que a presença permanente de umidade cria ambiente propício à progressão da carbonatação do concreto e ao desenvolvimento da corrosão das armaduras.

Nos elementos estruturais situados na galeria, especialmente pilares e vigas, foram constatados deslocamentos do cobrimento de concreto, fissuração, exposição de armaduras e indícios de corrosão em diferentes estágios de evolução. Tais manifestações indicam perda localizada de durabilidade e desempenho, exigindo intervenções corretivas para evitar o avanço dos danos.

Verificou-se ainda que a galeria funciona como zona de concentração de agentes agressivos, potencializada pela deficiência de sistemas de drenagem, impermeabilização e escoamento de águas pluviais e servidas, o que reforça a necessidade de tratamento integrado entre a recuperação estrutural e as medidas de controle da umidade.

As patologias observadas, embora não caracterizem risco iminente de colapso estrutural no momento da inspeção, configuram quadro de deterioração progressiva, sendo imprescindível a adoção das medidas de recuperação estrutural e corretivas descritas neste laudo, especialmente nas áreas da galeria, a fim de garantir a durabilidade e a segurança da edificação.



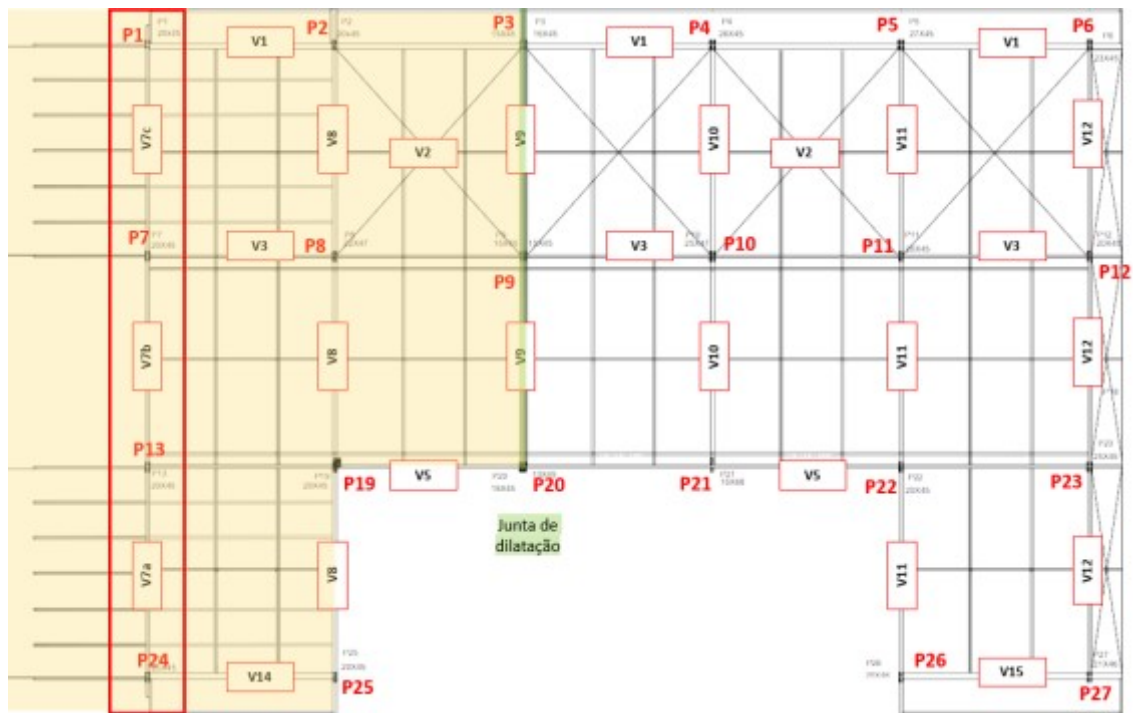


Figura 9 - Croqui da região com vulnerabilidade estrutural

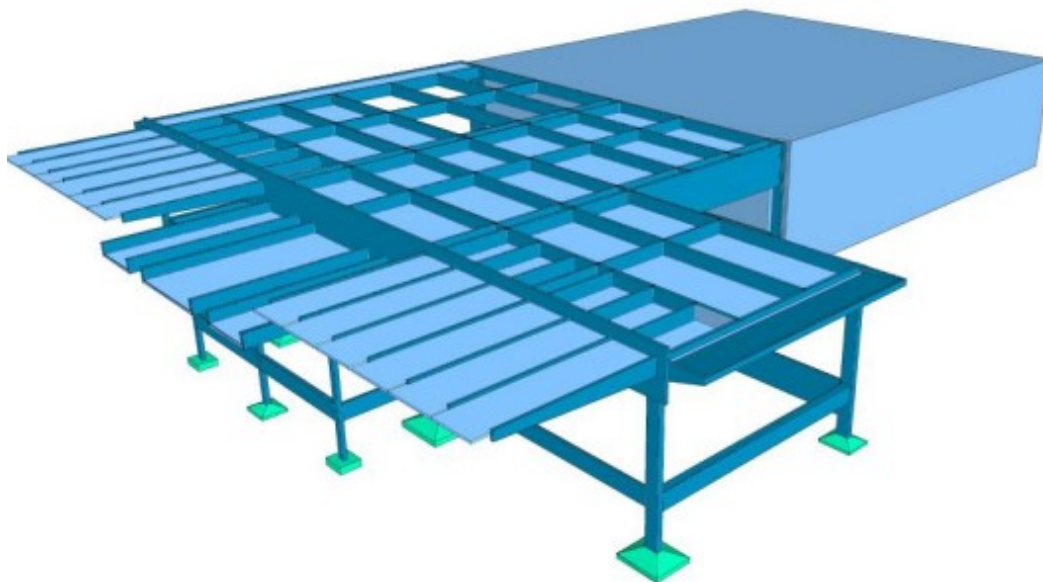


Figura 10 - Estrutura analisada

Nas edificações da Rodoviária de Joaçaba, conforme evidenciado nas imagens a seguir, foram identificadas manifestações patológicas nas alvenarias de vedação, caracterizadas por fissuras, trincas e destacamentos de revestimento, ocorrendo predominantemente nas regiões de encontro com pilares, vigas e lajes. Observa-se que parte dessas alvenarias foi executada sem viga baldrame adequada ou com fundação independente da estrutura principal, condição que favorece a ocorrência de recalques diferenciais.

As fissuras observadas apresentam padrão compatível com movimentações do solo, deformações dos elementos estruturais e incompatibilidade entre os sistemas estrutural e de vedação. Ressalta-se que tais alvenarias não possuem função estrutural, contudo acabam absorvendo deformações para as quais não foram dimensionadas em projeto.

As patologias identificadas nas alvenarias não caracterizam, de forma isolada, comprometimento da estabilidade global da edificação; entretanto, indicam a necessidade de correções construtivas, a fim de evitar a progressão dos danos. Recomenda-se que, quando da reexecução ou recuperação dessas vedações, sejam adotados sistemas construtivos mais leves, como drywall ou steel frame, ou, no caso de reconstrução em alvenaria convencional, que sejam executadas vigas baldrame e fundações compatíveis, respeitando-se as juntas de dilatação e de movimentação da estrutura principal, de modo a evitar a reincidência das manifestações patológicas observadas.



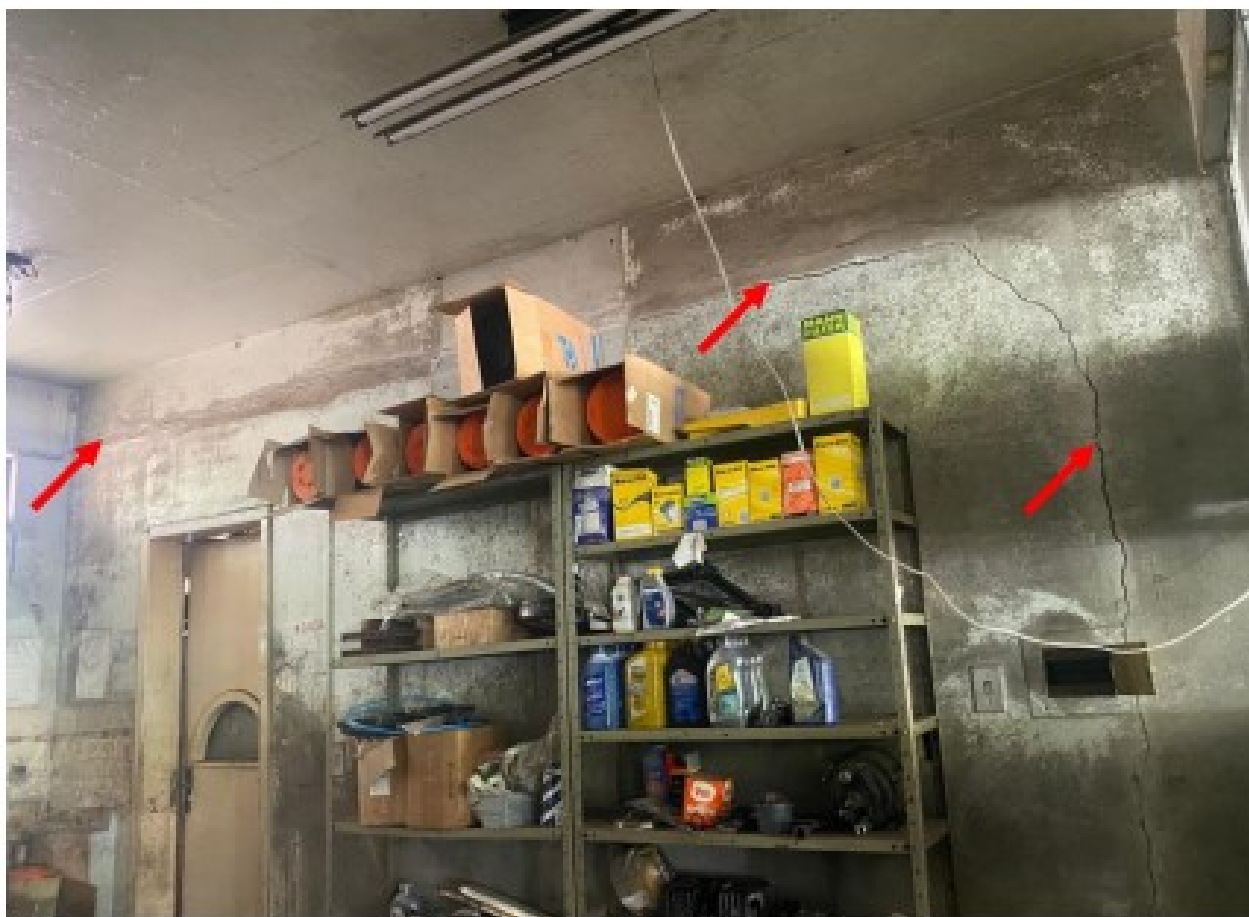


Figura 11 - Rachadura na alvenaria e encunhamento da sala de manutenção



Figura 12- Trinca no encunhamento e a 45º na alvenaria

Florianópolis - SC – 48-9.8408-61553
Eng. Civil Maicon Lucion Chimello – CREA-SC 140.764-8



Figura 13 - Trinca 45° na alvenaria fachada frontal



Figura 14 - Trinca 45° na alvenaria fachada frontal



Figura 15 - Rachadura entre alvenaria e estrutura banheiro feminino



Figura 16 - Rachadura entre alvenaria e estrutura banheiro feminino



Figura 18 - Rachadura a 45º parede que divide o banheiro masculino e feminino



Figura 17 - Trinca com eflorescência na calha pluvial da viga V7



Figura 19 - Fissuras laje do ambiente utilizado como copa e na viga V7



Figura 20 - Fissuras laje do ambiente utilizado como copa e na viga V7



Figura 22 Fissura V7C com 0,15mm de espessura



Figura 21 - Fissura viga V7A com 0,10mm de espessura



Figura 25 – Monitoramento rachadura 45 graus parede do banheiro feminino em 12/01

Figura 26 - – Monitoramento rachadura 45 graus parede do banheiro feminino em 12/01



Figura 27 - Monitoramento rachadura 45 graus parede do banheiro feminino em 12/01

Florianópolis - SC – 48-9.8408-61553
Eng. Civil Maicon Lucion Chimello – CREA-SC 140.764-8



Figura 28 - Monitoramento rachadura 45 graus parede do banheiro feminino em 12/01



Figura 29 - Monitoramento rachadura 45
graus parede do banheiro feminino

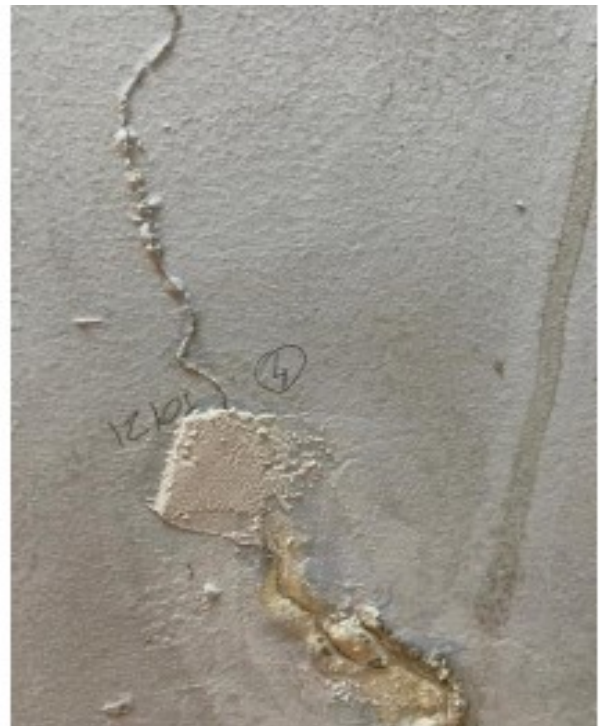


Figura 30 - Monitoramento rachadura 45
graus parede do banheiro feminino

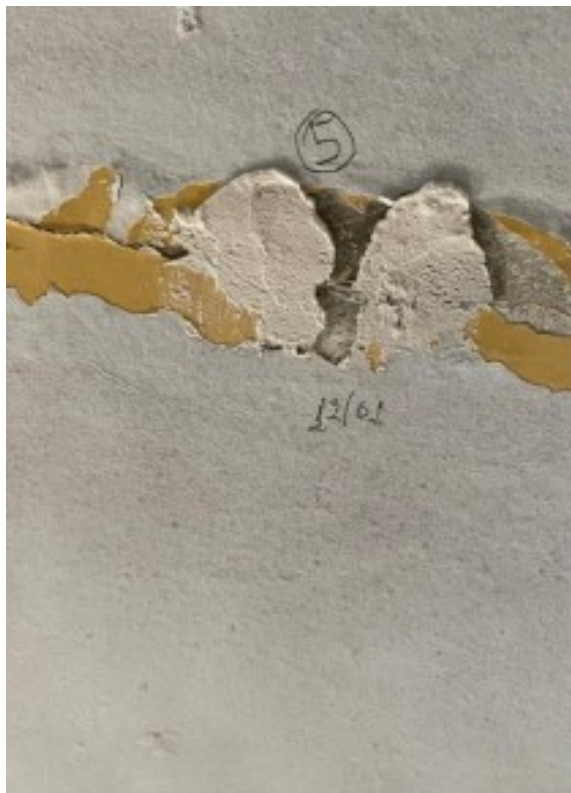


Figura 32 : Monitoramento fissura



Figura 33 - Monitoramento fissura laje sala depósito em 12/01



Figura 34 - Parede de alvenaria assentada direto sobre o piso



Figura 35 - Indício de recalque diferencial



Figura 36 - – Desnível de aproximadamente 5cm



Figura 37 - Desnível de aproximadamente 5cm



Figura 38 Desmembramento viga V7 com a laje e fissura na alvenaria do depósito de materiais



Figura 39 - Desmembramento viga V7 com a laje e fissura na alvenaria do depósito de materiais



Figura 40 - Furação na viga V2 dentro do mezanino



Figura 41 - Armadura exposta no pilar P3



Figura 42 - Escavação da fundação



Figura 43- Escavação da fundação



Figura 44 - Presença de umidade elementos estruturais do banheiro feminino

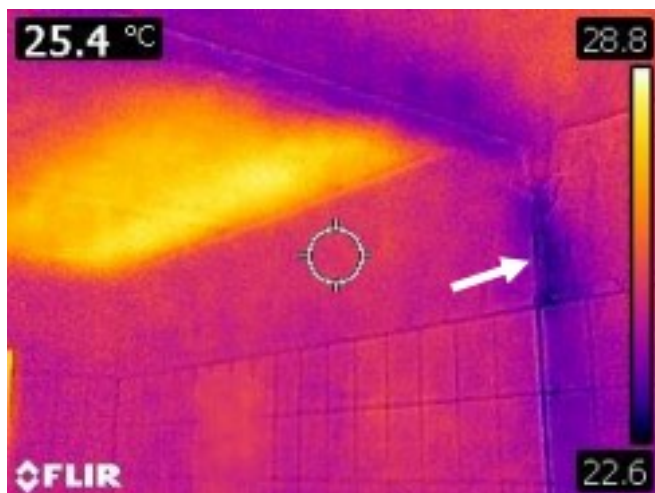


Figura 45 – Presença de umidade no banheiro masculino



Figura 46 - Pontos de umidade na laje de cobertura na junta de dilatação estrutural



Figura 47 - Presença de umidade em toda extensão da calha de concreto



Figura 48- Presença de umidade em toda extensão da calha de concreto



Figura 49 - Gotejamento pela fissura da laje do depósito



Figura 50 - Gotejamento pela fissura da laje do depósito



Figura 51- Segregação do concreto na laje da galeria



Figura 52 - Segregação do concreto na laje da galeria

Florianópolis - SC – 48-9.8408-61553
Eng. Civil Maicon Lucion Chimello – CREA-SC 140.764-8



Figura 53 – Laje da galeria com presença de raízes



Figura 54- Laje da galeria com presença de raízes e sujidades



Figura 55- Armadura exposta



Figura 56 - Armadura exposta



Figura 57 - Diferença de potencial menor -350 indicando alta probabilidade de corrosão da armadura



Figura 58 - Diferença de potencial menor -350 indicando alta probabilidade de corrosão da armadura

4. PROCEDIMENTO DE REPARO DOS PILARES E VIGAS

Deverão ser identificadas e demarcadas todas as áreas que apresentem fissuras, trincas, som cavo, deslocamento do concreto ou indícios de corrosão das armaduras. A demarcação deve ser realizada preferencialmente em formato geométrico regular, evitando cantos vivos, de modo a minimizar concentrações de tensão futuras.

Deve-se prever o escoramento das estruturas onde houver reparos significativos, ou houver reparos próximos, com escoras metálicas ou de madeira, visando a segurança de edificação e seus usuários. Essa avaliação é de responsabilidade do responsável técnico pela execução da obra de restauro, através da exigência de ART de execução do trabalho.

Durante a execução dos serviços devem ser tomadas medidas necessárias para que a remoção do concreto contaminado não cause microfissuras no concreto não contaminado.

Florianópolis - SC – 48-9.8408-61553
Eng. Civil Maicon Lucion Chimello – CREA-SC 140.764-8

Abaixo relatamos os procedimentos de reparação.

- Remoção da camada de revestimento, reboco.
- Remoção do concreto deteriorado e contaminado, que apresente pH menor que 9; deve ser utilizado equipamento manual, ponteira, talhadeira e marreta leve (1kg). A remoção deve ser realizada por camadas, sendo após a retirada de cada camada deve ser aplicada uma camada de uma solução de fenolftaleína a 1%. Se a coloração da superfície apresentada for incolor, indica que o pH é inferior a 9, quando a coloração for rosa escuro indica que o pH está maior que 11, uma coloração intermediária indica que o pH está entre 9 e 11 (ver Ensaio de Carbonatação).

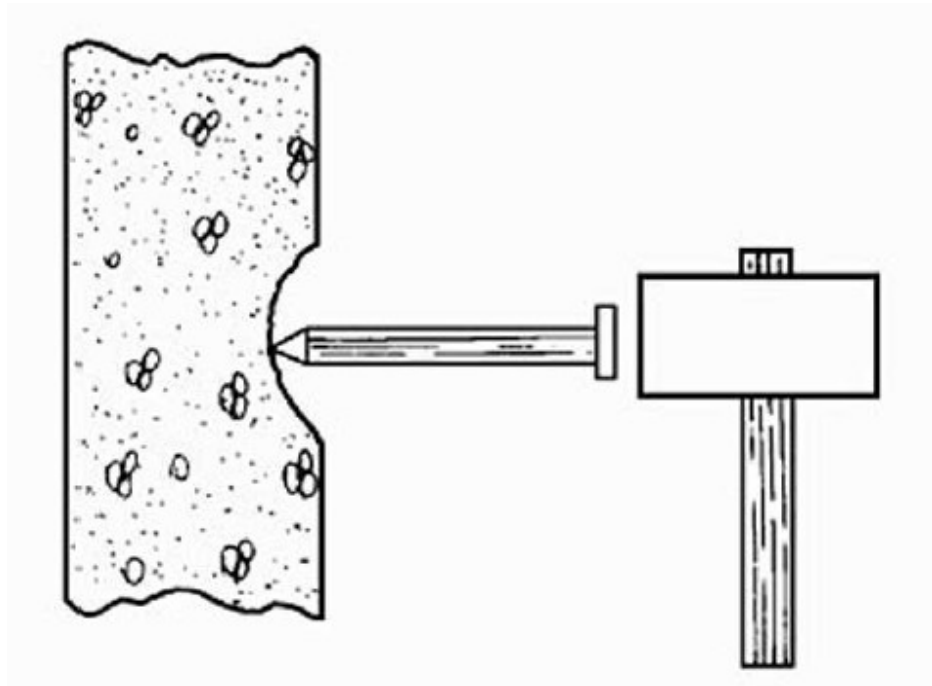


Figura 59 - Apicoamento



Figura 60 - Aplicação de indicadores no concreto para determinação da qualidade do concreto

- Depois de encontrada a superfície não contaminada pelo CO₂, deve-se continuar o apicoamento da superfície de concreto por mais 1,0 cm.

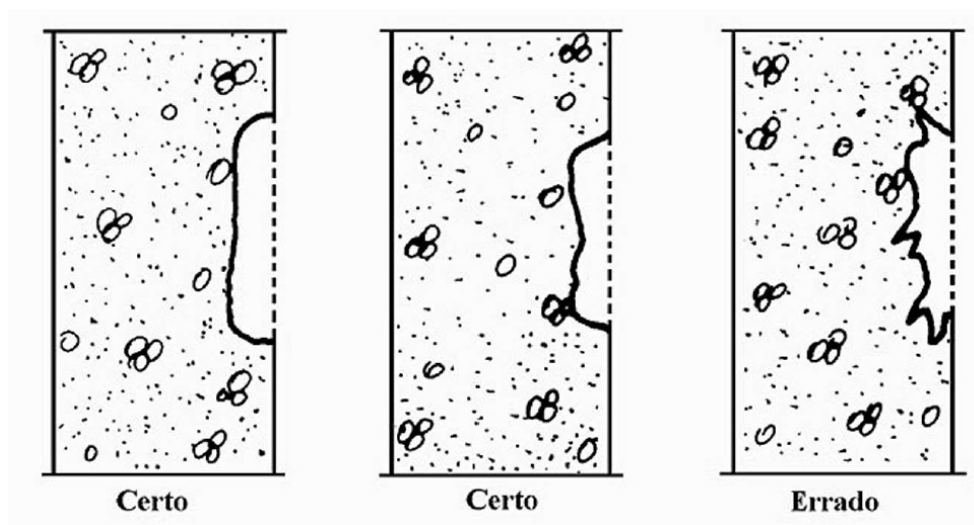


Figura 61 - Aspecto final da cavidade na intervenção de corte de concreto

- O valor mínimo de profundidade apicoada deve ser de 1,5 a 2,0 cm de concreto situado atrás da barra de aço (na parte mais interna do elemento)
- Após a retirada do concreto, deve ser realizada a limpeza da armadura exposta, utilizando esfregão com escova de cerdas de

aço e lixamento. Para a limpeza do concreto deve-se utilizar jatos de água.

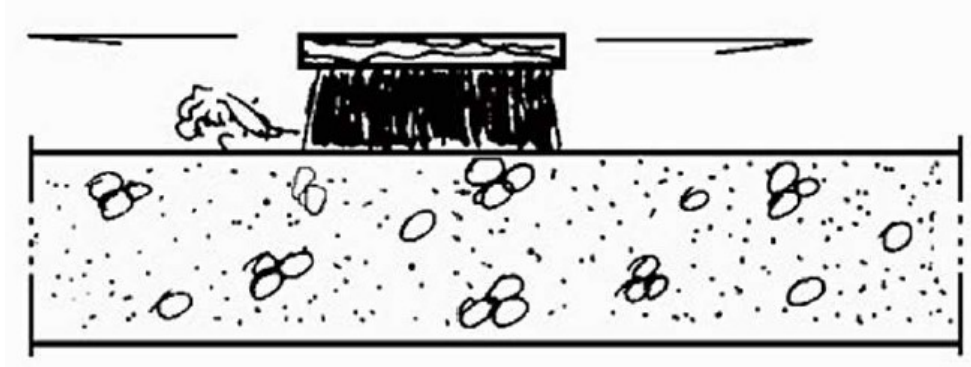


Figura 62 - Limpeza com escova de Aço

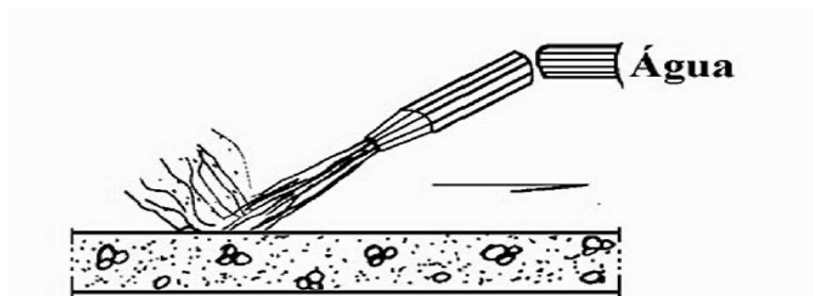


Figura 63 - Limpeza por aplicação de jato de água.

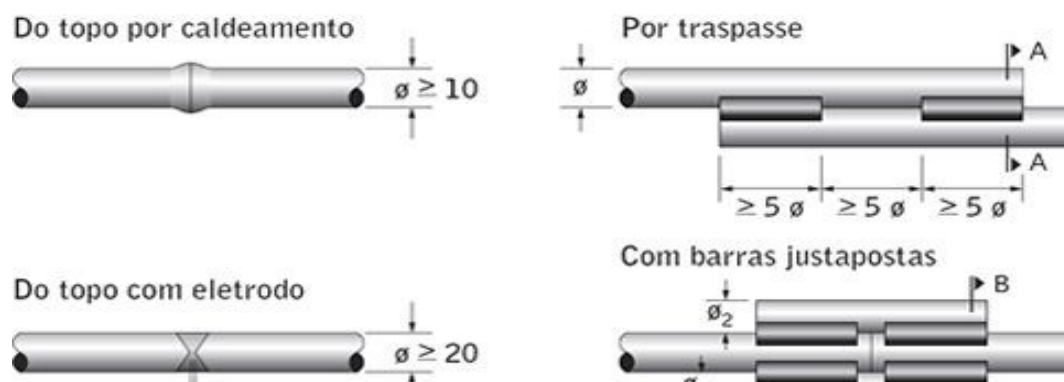


Figura 64 - Tipos de solda.

- Se houver percepção de perda na área de aço em valor maior que 15%, deve-se fazer inclusão de uma armadura suplementar, visando recompor a área de aço. A emenda entre as barras deverá ser realizada com solda (ver Figura 64).
- A emenda da armadura suplementar deve ser realizada no trecho são da armadura existente, devendo ter o cuidado de manter o cobrimento original do projeto, colocando a armadura suplementar na área interior da peça.

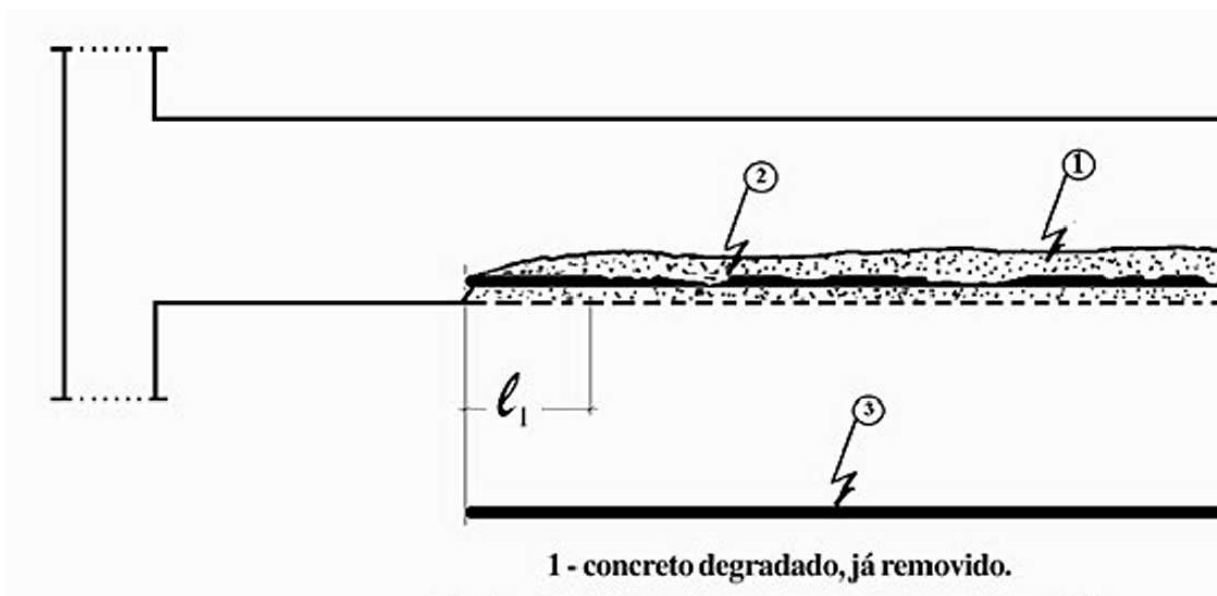


Figura 65 - Adição de armadura complementar sem comprometer o cobrimento do concreto

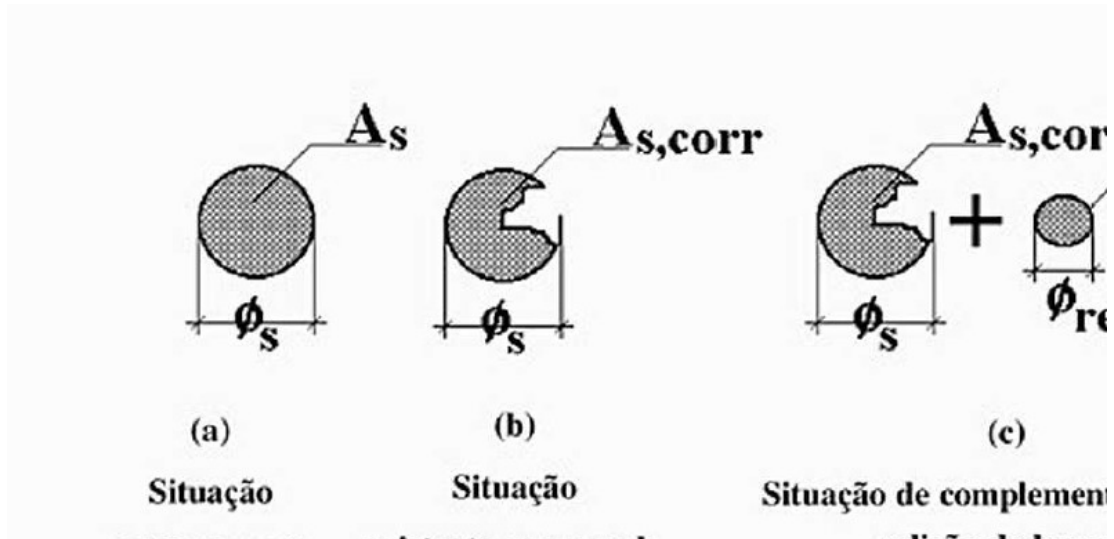


Figura 66 - Reposição da seção original do aço com adição de novas barras

- Em alguns casos, quando a extensão do corte no concreto não permite a recolocação da armadura de reforço, sejam de reforço ou complementação, pode-se recorrer a execução de furos no concreto existente, onde serão imersas as barras de armadura, em meios previamente cheios de grout ou epóxi. Ver **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

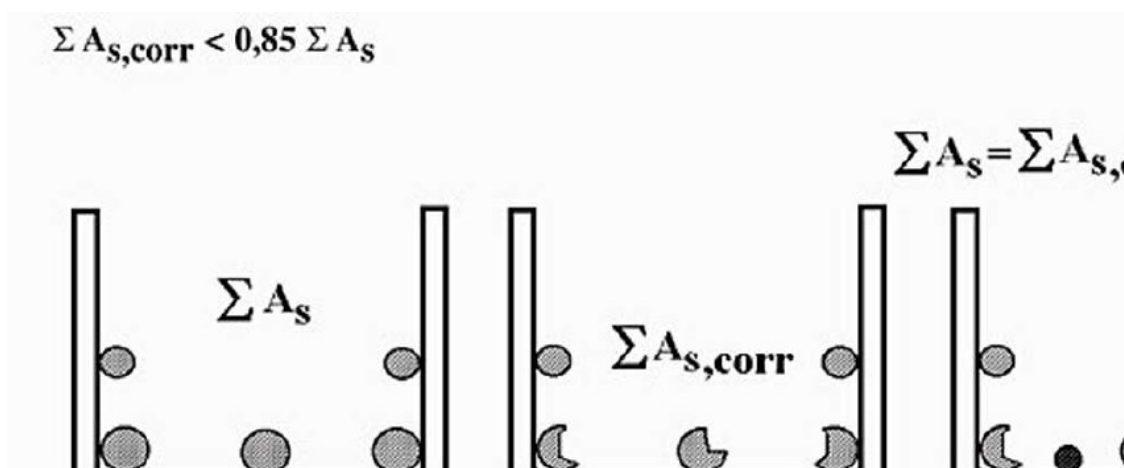


Figura 67 - - Ilustração de colocação de barra de reforço em vigas

- A armadura deve receber uma camada de passivação que consiste na aplicação de uma demão de primer anticorrosivo com base cimentícia ou de zinco.
- Na ligação entre o concreto “velho” e o concreto novo, deve-se aplicar uma ponte de aderência (sobre as superfícies que deve estar umedecidas), esta ponte tem a função de proteger a região de reparo e de aderir o produto utilizado para reparação com o concreto e armadura.



Figura 68- aplicação da resina para promover a aderência do concreto.



- Feita a ponte de aderência, inicia-se o processo de reconstrução da geometria original do elemento estrutural, deve-se umedecer a superfície e aplicar a argamassa polimérica com consistência tixotropia.

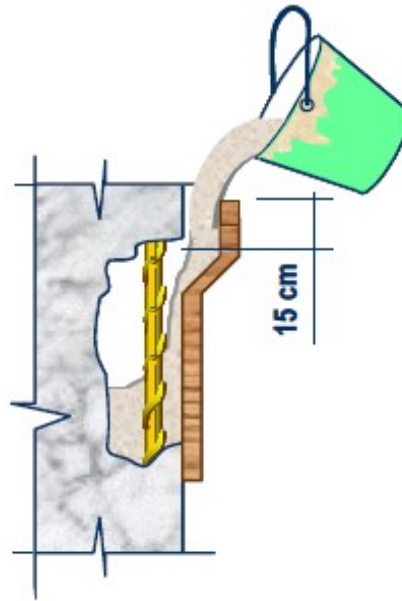


Figura 69- Grauteamento de um reparo.

- O concreto de reposição deve ter resistência no mínimo igual a do concreto existente na estrutura. Como não temos informação da resistência do concreto existente, adotamos o valor de 30Mpa. Este concreto também deve ter granulometria e diâmetro máximo dos agregados compatíveis com o serviço, tendo cuidados de evitar vazios na peça, por onde possam surgir novos problemas no futuro.
- Orientamos que o reparo seja realizado com Grout, que é uma argamassa de grande fluidez, alta resistência, não apresenta retração e é autoadensável. A Superfície que vai receber o material devem estar úmidas. Por ser um material de alta resistência, as formas podem ser retiradas em 24 horas. A cura deve ser úmida, por pelo menos 3 dias. Para espessuras de reparo maiores de 6cm de profundidade, deve-se adicionar até 30% de brita 0 ou de brita 1, em massa.

5. PROCEDIMENTO DE REPARO DAS LAJE

Apresentamos o tipo de anomalia na laje, tratando-se de um deslocamento superficial do concreto, ficando restrito ao trecho do cobrimento das armaduras. Durante a execução dos serviços devem ser tomadas medidas necessárias para que a remoção do concreto contaminado não cause microfissuras no concreto não contaminado.

Abaixo relatamos os procedimentos de reparação.

- Remoção da camada de revestimento.
- Remoção do concreto deteriorado, atendendo um trecho excedente de 10 cm para cada um dos lados, formando a área de intervenção.
- Após a retirada do concreto, deve ser realizada a limpeza da armadura exposta, utilizando esfregão com escova de cerdas de aço e lixamento. Para a limpeza do concreto deve-se utilizar jatos de água.
- A armadura deve receber uma camada de passivação que consiste na aplicação de uma demão de primer anticorrosivo com base cimentícia ou de zinco.
- Na ligação entre o concreto velho e o concreto novo, deve-se aplicar uma ponte de aderência (sobre as superfícies que deve estar umedecidas), esta ponte tem a função de proteger a região de reparo e de aderir o produto utilizado para reparação com o concreto e armadura.
- Feita a ponte de aderência, inicia-se o processo de reconstrução da geometria original do elemento estrutural, deve-se umedecer a superfície e aplicar a argamassa polimérica com consistência tixotropia.
- A aplicação do produto deve ser aplicada com as mãos, protegidas com luvas e para acabamento utilizar colher de pedreiro.



6. PROCEDIMENTO DE REPARO DA GALERIA

Conforme indicado no Laudo Técnico Estrutural elaborado pela empresa LED – Laudos de Engenharia e Diagnóstico Ltda., a galeria pluvial apresenta geometria robusta, não sendo identificadas inconformidades quanto ao seu dimensionamento estrutural à época das inspeções realizadas. Entretanto, conforme registrado no referido laudo, foram identificadas manifestações patológicas associadas ao tempo de uso, à presença recorrente de umidade e à ausência de manutenção preventiva, as quais demandam monitoramento contínuo e intervenções corretivas pontuais, de modo a preservar o desempenho e a durabilidade da estrutura.

De acordo com as recomendações constantes no laudo supracitado, nos pontos com maior incidência de umidade, indica-se a contratação de profissional legalmente habilitado para a aplicação de sistema de impermeabilização expansivo, com a finalidade de inibir a percolação de água pelos elementos estruturais. Após essa etapa, deverão ser realizados os tratamentos das armaduras com indícios de corrosão, bem como a reconstituição das áreas com concreto segregado, observando-se os procedimentos técnicos ali descritos. Ressalta-se, ainda, conforme destacado no referido Laudo Técnico Estrutural, que o trecho da galeria onde se verifica acentuada segregação do concreto associada à presença de raízes deve ser intervencionado com prioridade, a fim de evitar o carreamento e o escoamento do solo, prevenindo o agravamento das manifestações patológicas.

O laudo técnico mencionado também recomenda a realização de inspeções periódicas de acompanhamento da galeria, especialmente durante o período de execução de obras de reforma na edificação, com frequência ampliada, visando a identificação precoce de novas anomalias ou da evolução das já existentes. Na ocorrência de irregularidades relevantes, deverá ser consultado profissional técnico habilitado. Por fim, conforme os métodos de inspeção adotados e as conclusões apresentadas no laudo técnico de referência, as anomalias observadas são compatíveis com o tempo de uso e operação da edificação. Todavia, para aumentar a vida útil da estrutura, torna-se imprescindível a execução das intervenções corretivas e das ações de manutenção preventiva ali recomendadas.



7. SUGESTÃO DE MATERIAIS UTILIZADOS NA RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO.

Produtos utilizados na passivação das armaduras:

- a) Vedacit Armatec ZN
- b) Bota Fix Primer
- c) Protetor de armadura Quartzolit
- d) Weber Rep Protec IC
- e) Denver Prime Zinco
- f) RogerTec Zinco Líquido Puro

Produtos utilizados na ponte de aderência:

- g) Bota Fix Primer
- h) Sikadur 32 Gel

Produtos utilizados para reconstituição da geometria do elemento estrutural:

- i) SikaGrout TIX
- j) Graute plus Quartzolit
- k) Bota Fix RP50
- l) Sika Top 108 Armatec
- m) Sika Top 122 Plus
- n) Reparo Estrutural Quartzolit
- o) Weber Rep S90 IC



8. BIBLIOGRAFIA.

Andrade y Perdrix, Maria Del Carmo, trad. Antônio Carmona, Paulo Roberto Lago. Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras. 5ª ed, São Paulo: Pini, 1992.

Silva, Paulo Fernando Araújo. Durabilidade das estruturas de concreto aparente em atmosfera urbana. 1ª ed. São Paulo: Pini, 1995.

Mehta, Povindar Kumar; Monteiro, Paulo J.M. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. 1ª ed. São Paulo: Pini, 1994.

Laboratório de concreto (FURNAS). Concretos: massa, estrutural, projetado e compactado com rolo/ensaios e propriedades. 1ª ed. São Paulo: Pini, 1997.

Neville, Adam Matthew. Propriedades do concreto. 2ª ed. São Paulo: Pini, 1997.

Souza, Vicente Custódio de; Ripper, Thomaz. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. 1ª ed. São Paulo: Pini, 1998.

Cascudo, Oswaldo. O controle da corrosão de armaduras em Concreto – Inspeção e técnicas eletroquímicas. 1ª ed. São Paulo: Pini,

Engenheiro Civil Maicon Lucion Chimello

CREA/SC 140.764-8 1997

