



PRÉDIO NOVO

RELATÓRIO DE VISTORIA E INDICAÇÃO DE PROCEDIMENTOS PARA RECUPERAÇÃO E REFORÇO ESTRUTURAL

PAULIS-RT-01-2019-R0

Abril/2019

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS	3
1.... OBJETIVO	1
2.... INTRODUÇÃO	1
3.... PILARES DA FACHADA	1
3.1 Fachada da Rua Honduras	1
3.2 Fachada da Rua Argentina	2
3.3 Fachada da Rua Colômbia	3
3.4 Fachada da Rua Estados Unidos	5
4.... PILARES INTERNOS	6
5.... DIAGNÓSTICO	12
6.... RECOMENDAÇÕES PARA RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO	13
6.1 Recuperação dos pilares com encamisamento em graute	13
6.1.1 <i>Delimitação da área de reparo</i>	15
6.1.2 <i>Remoção do material deteriorado</i>	16
6.1.3 <i>Limpeza</i>	17
6.1.4 <i>Substituição das armaduras corroídas</i>	18
6.1.5 <i>Pintura anticorrosiva das armaduras</i>	19
6.1.6 <i>Recomposição do elemento estrutural</i>	19
6.1.7 <i>Uso de argamassa polimérica</i>	20
6.1.8 <i>Uso de graute ou microconcreto</i>	21
6.2 Reparos localizados	22
7.... RECOMENDAÇÕES PARA REFORÇO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO	24
8.... PROTEÇÃO SUPERFICIAL DO CONCRETO	26
9.... COLMATAÇÃO DE FISSURAS PASSIVAS	26
9.1 Tratamento de Fissuras com Aberturas Menores que 0,3 mm.....	26
9.2 Tratamento de Fissuras com Aberturas Iguais ou Maiores que 0,3 mm	27
10... CONTROLE TECNOLÓGICO DO GRAUTE, CONCRETO E ARGAMASSA POLIMÉRICA	28
11... CURA	29
12... REFERÊNCIAS	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de pilares a serem reforçados, enviado pelo projetista	1
Figura 2. Fachada da Rua Honduras - Notar fissuras nos pilares	2
Figura 3. Fachada da Rua Honduras - Notar pintura na parte inferior dos pilares.....	2
Figura 4. Fachada da Rua Argentina - Notar fissuras nos pilares	3
Figura 5. Fachada da Rua Argentina - Notar pintura na parte inferior e pele de vidro no entorno dos pilares	3
Figura 6. Fachada da Rua Colômbia – Notar fissuras nos pés dos pilares e no piso do 3º andar.....	4
Figura 7. Fachada da Rua Colômbia – Notar fissuras no pé do pilar do 3º andar	4
Figura 8. Fachada da Rua Colômbia – Notar fissuras localizadas no 2º andar e pele de vidro no entorno dos pilares.....	4
Figura 9. Fachada da Rua Colômbia – Notar fissuras localizadas no 4º andar e pele de vidro no entorno dos pilares.....	4
Figura 10. Fachada da Rua Colômbia – Notar fissuras localizadas no 4º andar e pele de vidro no entorno dos pilares.....	5
Figura 11. Fachada da Rua Estados Unidos – Notar fissuras em todos os pilares	5
Figura 12. Fachada da Rua Estados Unidos – Notar pele de vidro no entorno dos pilares	6
Figura 13. Piso térreo – Notar a presença de tubulações próximas ao pilar.....	7
Figura 14. Piso térreo – Notar a presença de tubulações e fios ao redor do pilar	7
Figura 15. Piso térreo – Tubulações e fios no teto, nas proximidades do pilar.....	7
Figura 16. Piso térreo - Notar a presença de tubulações ao redor do pilar.....	7
Figura 17. Pilares localizados no Piso Térreo – Agência Bancária	8
Figura 18. Pilares localizados no Piso Térreo – Sação de Beleza	8
Figura 19. Pilares embutidos na parede do Cinema (1º e 2º Andar).....	8
Figura 20. Pilares embutidos na parede do Cinema (1º e 2º Andar).....	8
Figura 21. Pilares sem acesso para inspeção no cinema (1º e 2º Andar).....	9
Figura 22. Pilares sem acesso para inspeção no cinema (1º e 2º Andar) – Notar presença de vidro e revestimento sobre os pilares	9
Figura 23. Pilares da quadra (1º e 2º Andar) – Notar a presença de grades e vigas entre os pilares	9
Figura 24. Pilares da quadra (1º e 2º Andar) – Notar a presença de grades, paredes e vigas entre os pilares	9
Figura 25. Pilares localizados no 1º Subsolo - Notar a presença de tubulações e instalações ao redor dos pilares.....	10
Figura 26. Pilar localizado no 1º Subsolo – Notar a presença de tubulações e quadro elétrico.....	10
Figura 27. Sala da caldeira (1º subsolo) – Notar a presença de tubulações e instalações ao redor do pilar.....	11

Figura 28. Pilares localizados na sala da caldeira (1º subsolo) - Notar a presença de tubulações no teto.....	11
Figura 29. Sala da caldeira (1º subsolo) – Notar a presença de tubulações, instalações e quadros elétricos	11
Figura 30. Sala da caldeira (1º subsolo) - Notar a presença de tubulações e instalações ao redor do pilar.....	11
Figura 31. Croqui esquemático do encamisamento dos pilares.	14
Figura 32 – Sequência esquemática de realização de reparo em concreto estrutural (adaptado de P.H. EMMONS, 2001).....	14
Figura 33 – Exemplo de corte em parede de concreto para delimitação da área para intervenção (Fonte: Silveira, 2009).....	15
Figura 34 - Delimitação da área de reparo através da realização de corte no concreto (a) Rehabilitacion y mantenimiento de estructuras de concreto (Helene P.; Pereira F., 2007); (b) revista Técnica edição 220 (2015)	15
Figura 35 – Remoção do concreto com uso de martelo e talhadeira (Fonte: Silveira, 2009).....	16
Figura 36 – Detalhe da superfície do concreto com adequada limpeza e exposição dos agregados	16
Figura 37 – Escovação da armadura com escova dotada de cerdas de aço (Fonte: Silveira, 2009)	17
Figura 38 – Lixamento por trás da armadura utilizando lixa para metal (Fonte: Silveira, 2009)	18
Figura 39– Exemplos de anomalias delimitadas para corte e reparo.....	22
Figura 40. Procedimento de reparo das armaduras corroídas	23
Figura 41. Exemplo de final de um período de cura de reforço de pilar (60MPa) com manta geotextil molhada periodicamente (foto: Deseq)	29

DESEK LTDA.

1. OBJETIVO

Apresentar informações sobre a inspeção visual realizada no dia 04 de fevereiro de 2019 e indicar procedimentos de recuperação e reforço das estruturas de concreto armado do Prédio Cultural, também conhecido como Prédio Novo, do Club Athletico Paulistano.

2. INTRODUÇÃO

No dia 04 de fevereiro de 2019 foi feita a inspeção dos pilares da fachada e dos pilares internos que necessitam de recuperação ou reforço estrutural.

A Figura 1 apresenta o mapa dos pilares que necessitam de reforço, enviado pelo projetista.

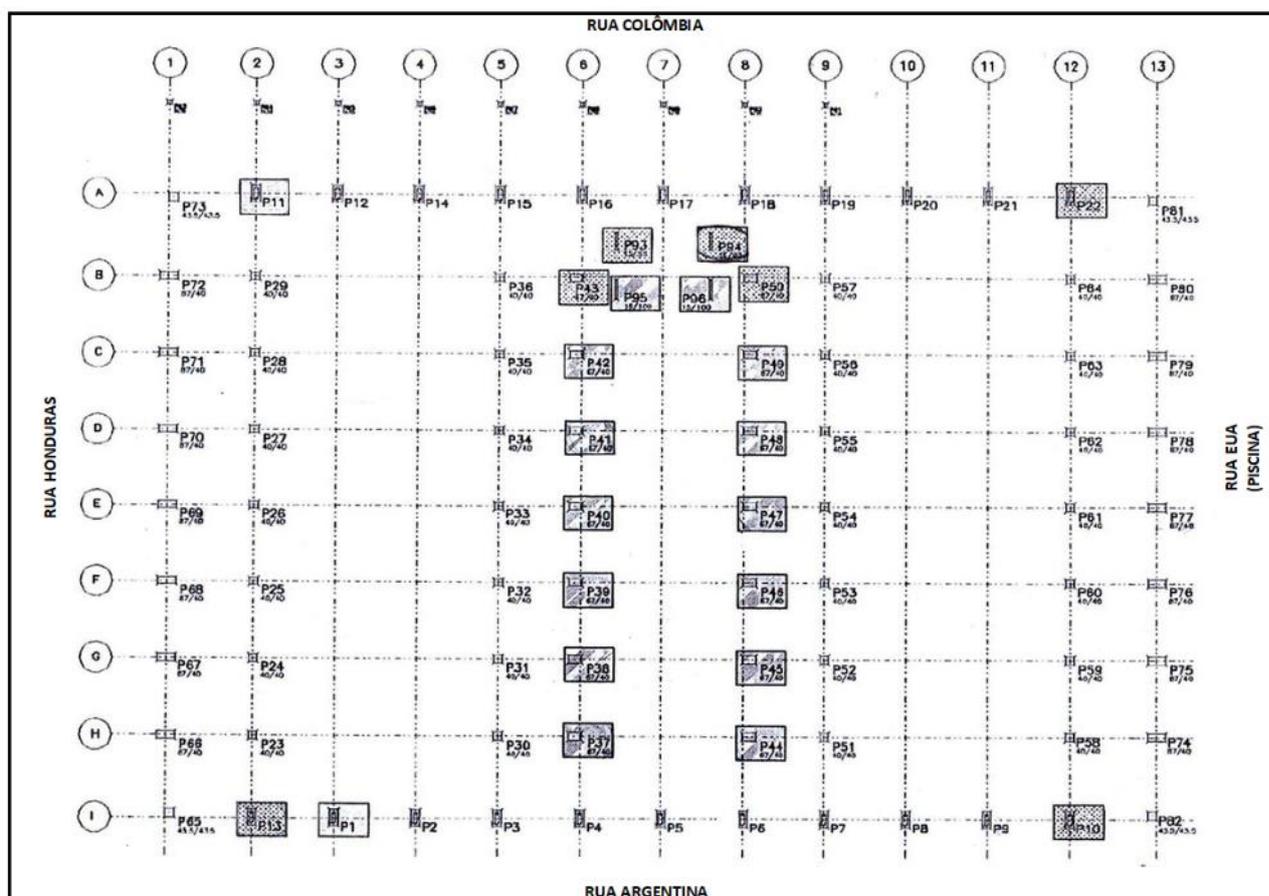


Figura 1. Mapa de pilares a serem reforçados, enviado pelo projetista

3. PILARES DA FACHADA

Na inspeção visual realizada nos pilares da fachada verificou-se que as maiores dificuldades nos serviços de recuperação e reforço estão relacionadas à preservação dos caixilhos e vidros, interdição das áreas internas e externas do clube e garantida segurança dos usuários e prestadores de serviço, devido aos trabalhos em altura.

3.1 Fachada da Rua Honduras

Os pilares da fachada da Rua Honduras contém fissuras generalizadas que vão da base ao topo, como mostra a Figura 2 e a Figura 3.



Figura 2. Fachada da Rua Honduras - Notar fissuras nos pilares



Figura 3. Fachada da Rua Honduras - Notar pintura na parte inferior dos pilares

3.2 Fachada da Rua Argentina

Os pilares da fachada da Rua Argentina contém fissuras generalizadas que vão da base ao topo, como mostra a Figura 4e a Figura 5.



Figura 4. Fachada da Rua Argentina - Notar fissuras nos pilares



Figura 5. Fachada da Rua Argentina - Notar pintura na parte inferior e pele de vidro no entorno dos pilares

3.3 Fachada da Rua Colômbia

Na fachada da Rua Colômbia há fissuras localizadas nos pilares, conforme apresentado entre a Figura 6 e a Figura 10.



Figura 6. Fachada da Rua Colômbia – Notar fissuras nos pés dos pilares e no piso do 3º andar



Figura 7. Fachada da Rua Colômbia – Notar fissuras no pé do pilar do 3º andar



Figura 8. Fachada da Rua Colômbia – Notar fissuras localizadas no 2º andar e pele de vidro no entorno dos pilares



Figura 9. Fachada da Rua Colômbia – Notar fissuras localizadas no 4º andar e pele de vidro no entorno dos pilares

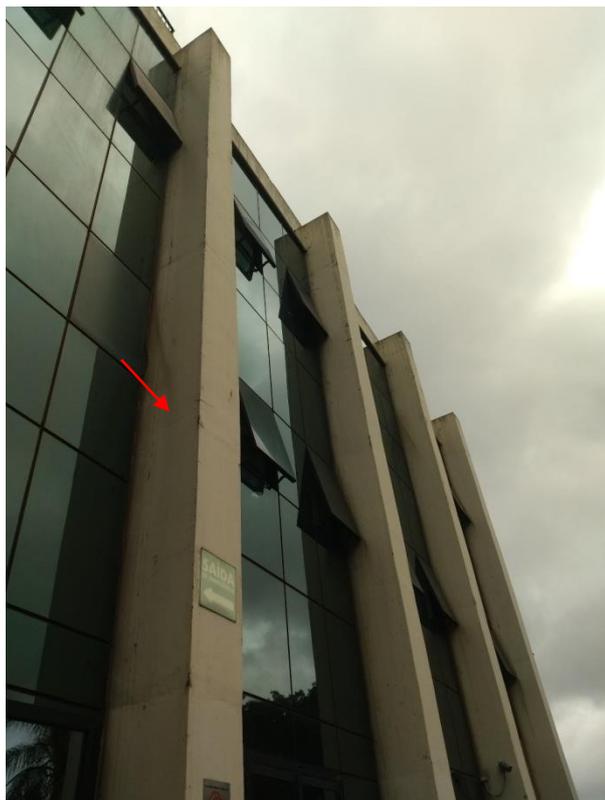


Figura 10. Fachada da Rua Colômbia – Notar fissuras localizadas no 4º andar e pele de vidro no entorno dos pilares

3.4 Fachada da Rua Estados Unidos

Na fachada da Rua Estados Unidos há fissuras em todos os pilares, que vão da base ao topo, como mostra Figura 11 e a Figura 12.



Figura 11. Fachada da Rua Estados Unidos – Notar fissuras em todos os pilares



Figura 12. Fachada da Rua Estados Unidos – Notar pele de vidro no entorno dos pilares

4. PILARES INTERNOS

Na inspeção visual realizada nos pilares internos verificou-se que as maiores dificuldades nos serviços de recuperação e reforço estão relacionadas à existência de tubos e instalações elétricas no entorno dos pilares, à interdição das áreas internas do clube, inclusive cinema, quadra de tênis, agência bancária, salão de beleza, entre outros e a dificuldade de acesso em alguns locais.

No piso térreo, no entorno da maioria dos pilares centrais, ou seja, na região onde será feito o reforço estrutural, entre os eixos 6 e 8, existem tubos e instalações, como mostra a Figura 13, a Figura 14, a Figura 15 e a Figura 16.



Figura 13. Piso térreo – Notar a presença de tubulações próximas ao pilar



Figura 14. Piso térreo – Notar a presença de tubulações e fios ao redor do pilar

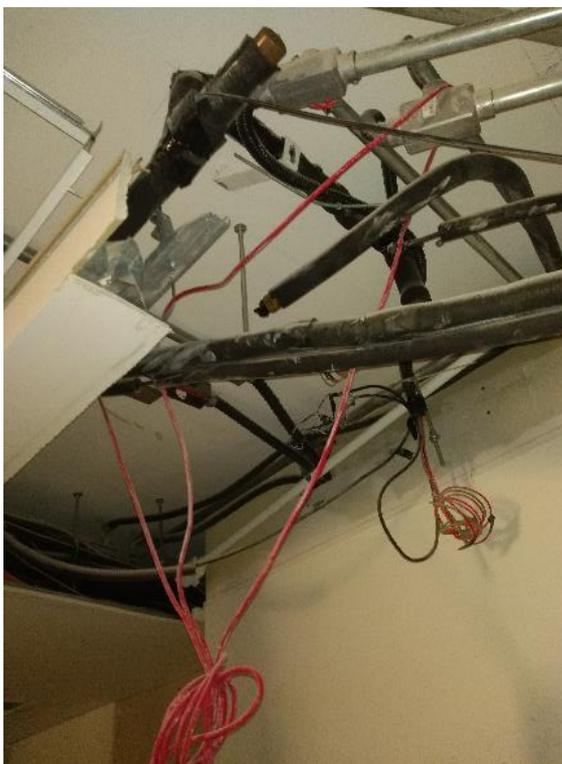


Figura 15. Piso térreo – Tubulações e fios no teto, nas proximidades do pilar



Figura 16. Piso térreo - Notar a presença de tubulações ao redor do pilar

Além disso, na região dos pilares do eixo 8 do piso térreo, há uma agência bancária e um salão de beleza, como mostra a Figura 17 e a Figura 18.



Figura 17. Pilares localizados no Piso Térreo – Agência Bancária



Figura 18. Pilares localizados no Piso Térreo – Sação de Beleza

Os pilares do eixo 6 do 1º e do 2º andar não foram inspecionados, pois não há acesso, como mostra a Figura 19, Figura 20, Figura 21 e a Figura 22.



Figura 19. Pilares embutidos na parede do Cinema (1º e 2º Andar)



Figura 20. Pilares embutidos na parede do Cinema (1º e 2º Andar)



Figura 21. Pilares sem acesso para inspeção no cinema (1º e 2º Andar)



Figura 22. Pilares sem acesso para inspeção no cinema (1º e 2º Andar) – Notar presença de vidro e revestimento sobre os pilares

Entre os pilares do eixo 8 da quadra há paredes, grades e vigas, como mostra a Figura 23 e a Figura 24.



Figura 23. Pilares da quadra (1º e 2º Andar) – Notar a presença de grades e vigas entre os pilares



Figura 24. Pilares da quadra (1º e 2º Andar) – Notar a presença de grades, paredes e vigas entre os pilares

DESEK LTDA.

No 1º subsolo há acesso livre aos pilares do eixo 6, porém existem várias tubulações e instalações no seu entorno, como mostra a Figura 25 e a Figura 26.



Figura 25. Pilares localizados no 1º Subsolo - Notar a presença de tubulações e instalações ao redor dos pilares



Figura 26. Pilar localizado no 1º Subsolo – Notar a presença de tubulações e quadro elétrico

Alguns pilares do eixo 8 do 1º subsolo estão localizados na sala da caldeira e possuem tubulações e instalações em seu entorno, como mostra a Figura 27, Figura 28, Figura 29 e a Figura 30.



Figura 27. Sala da caldeira (1º subsolo) – Notar a presença de tubulações e instalações ao redor do pilar

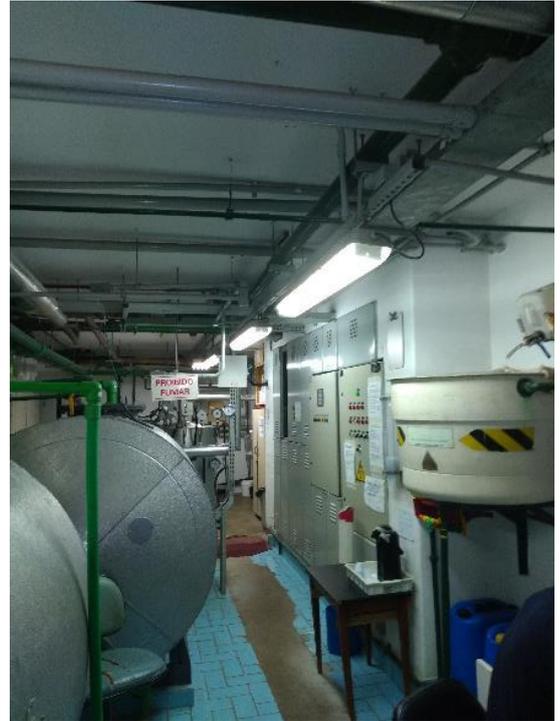


Figura 28. Pilares localizados na sala da caldeira (1º subsolo) - Notar a presença de tubulações no teto



Figura 29. Sala da caldeira (1º subsolo) – Notar a presença de tubulações, instalações e quadros elétricos



Figura 30. Sala da caldeira (1º subsolo) - Notar a presença de tubulações e instalações ao redor do pilar

Os demais pilares do eixo 8 do 1º subsolo não foram inspecionados, pois estão na área da sauna.

5. DIAGNÓSTICO

Para diagnosticar os problemas existentes nos elementos estruturais do edifício, tais como: disgregação do concreto, devido à corrosão das armaduras, em alguns locais com armaduras expostas, fissuras nos elementos estruturais das fachadas e algumas com eflorescências, foram feitos os seguintes ensaios: pacometria, determinação da espessura carbonatada do concreto, determinação da perda de seção das armaduras, potencial elétrico de corrosão, determinação dos teores de cloretos e sulfatos. A corrosão das armaduras é mais acentuada nos pilares do ginásio da fachada Leste do edifício (Rua Estados Unidos), onde está localizada a piscina do clube.

Com base na análise dos resultados, verificou-se que todos os pontos ensaiados apresentaram cobertura das armaduras igual ou superior a 1,5 cm, portanto atendem aos requisitos de projeto da época da construção, entretanto, alguns não atendem aos requisitos da NBR 6118:2014, considerando a classe de agressividade ambiental onde se localiza o prédio. Para garantir maior durabilidade às estruturas, as armaduras devem ter cobertura mínimo de 3 cm (CAA II), portanto nos locais onde não for feita a recuperação, ou seja, a remoção do graute, recomenda-se a aplicação de produto de proteção para compensar a falta de cobertura das armaduras.

Nos pilares P74 (Ginásio) – Face Oeste e P94 (Escada) – Face Leste do 1º pavimento, a espessura carbonatada do concreto superou a espessura de cobertura das armaduras, indicando a sua despassivação e deixando-as suscetíveis à corrosão. Entretanto, a maioria dos resultados mostrou que a profundidade de carbonatação é inferior ao cobertura das armaduras e desta forma conclui-se que, de modo geral, a corrosão das armaduras observada em alguns locais da estrutura não foi causada devido à carbonatação do concreto.

Nos ensaios para determinação dos teores de cloretos e sulfatos, apenas a amostra retirada do pilar P74 (Ginásio), do 1º pavimento, apresentou teor de cloreto superior ao limite especificado pela norma. De acordo com o relatório emitido pela Concremat, neste ponto o cobertura da armadura era de 2 cm, portanto inferior ao limite especificado pela norma atual e a profundidade de carbonatação apresentou-se igual a 3,2 cm, ou seja, a armadura estava despassivada.

Com base nestes resultados, recomenda-se a recuperação dos pilares 74 e 94, através da remoção do material carbonatado ou com elevado teor de cloretos. No caso do pilar 77, como prevenção, recomenda-se também a sua recuperação devido ao avanço da frente de carbonatação observada no ensaio.

No pilar P74 (Ginásio) e nos pilares P66 e P69 (Cobertura) observou-se perda de seção das armaduras, nesses casos recomenda-se a substituição das armaduras corroídas por novas. No caso do pilar P74 (Ginásio), a corrosão das armaduras pode ter sido causada pela sua despassivação devido à carbonatação do concreto ou ao ataque por cloretos.

De acordo com os ensaios de potencial de corrosão das armaduras, apenas no pilar P13 (Externo) – Face Oeste do térreo a probabilidade de corrosão foi superior a 90%, nos demais locais de ensaio a probabilidade de corrosão foi incerta ou menor do que 10%.

A média dos resultados dos ensaios de resistência à compressão dos testemunhos de concreto extraídos apresentou-se igual a 29,5 MPa e pela análise visual dos corpos de prova foram observados vazios no concreto, conforme informado pela Concremat.

Os testemunhos dos pilares P10 e P74 apresentaram vazios e fissuras com profundidade da ordem de 0,5 a 1,0 cm no graute e na interface concreto-graute.

De modo geral, com base na análise dos resultados dos ensaios, a corrosão das armaduras ocorreu devido à fissuração causada pela possível retração do graute.

Devido às manifestações patológicas observadas nos elementos estruturais da fachada do edifício, recomenda-se a remoção do graute utilizado no encamisamento dos pilares e sua posterior recuperação.

6. RECOMENDAÇÕES PARA RECUPERAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Os problemas observados estão basicamente relacionados à corrosão das armaduras e à fissuração dos elementos estruturais. Para aumentar a sua vida útil será necessário recuperá-la.

Os tipos de materiais a serem empregados para recuperação deverão seguir as recomendações quanto a sua espessura e as especificações do projeto. Produtos industrializados como grautes, microconcretos e argamassas poliméricas podem ser empregados, desde que atendam às especificações técnicas relacionadas a resistência à compressão, módulo de elasticidade e fluência.

Normalmente os grautes e argamassas poliméricas são empregados em regiões com pequena espessura por possuírem grãos de menor dimensão (~2mm). No caso de regiões com maior espessura a utilização de concreto com dimensão máxima do agregado de 12,5 mm (brita 0) – “microconcreto” pode ser uma melhor alternativa.

O concreto usinado poderá ser utilizado dependendo do volume de concreto a ser empregado por etapa de concretagem. Normalmente é fornecido um volume mínimo de 3,5m³, para garantir a sua melhor homogeneização no caminhão betoneira. Previamente à utilização deste material na obra é necessário fazer a caracterização do concreto junto à empresa fornecedora.

6.1 Recuperação dos pilares com encamisamento em graute

Com base na análise dos resultados dos ensaios, verificou-se que os problemas patológicos observados nos pilares das fachadas foram possivelmente causados pela qualidade inadequada do graute utilizado no encamisamento. De acordo com o relatório RTS 9.1.8.011.0018-001/14,

emitido pela empresa Concremat em 2014, todos os pilares foram encamisados, porém alguns possuem a seção vazada e outros são maciços, como mostra a Figura 31.

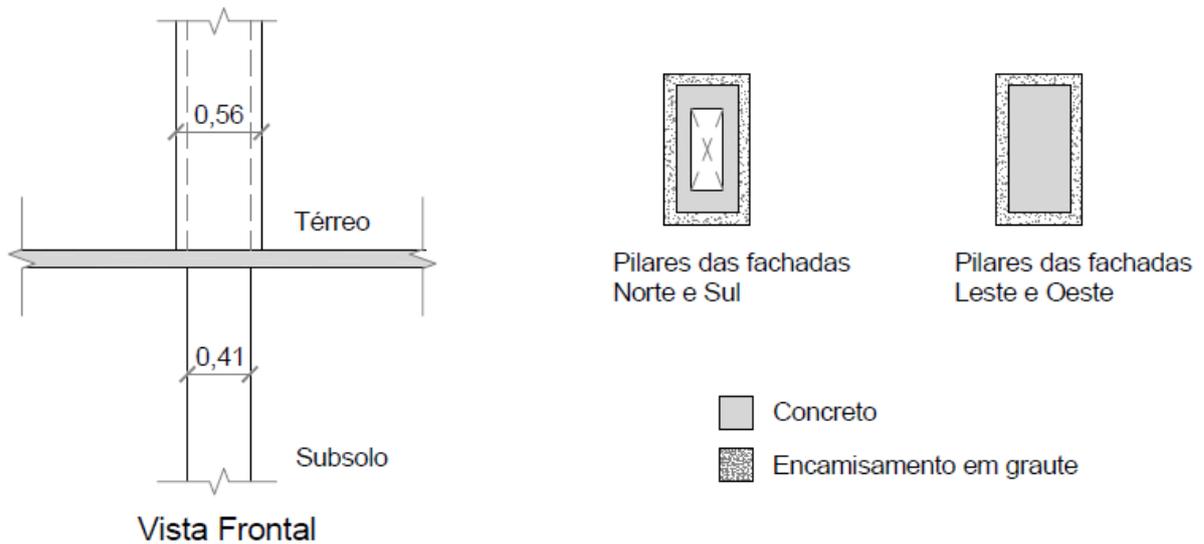


Figura 31. Croqui esquemático do encamisamento dos pilares.
Fonte: RTS 9.1.8.011.0018-001/14

Neste caso, recomenda-se a remoção total do graute deteriorado e a posterior recomposição.

Os reparos desses locais consistem na quebra localizada do concreto, limpeza adequada, proteção das armaduras, eventual substituição das armaduras corroídas e execução de tratamento com material adequado.

Ao abrir a estrutura de concreto armado, os componentes de aço devem ser rigorosamente limpos, livres de produtos de corrosão superficial e tratados com produtos que evitem a ocorrência da corrosão.

A Figura 32 mostra seqüência esquemática das etapas de realização de reparo em estrutura de concreto armado.

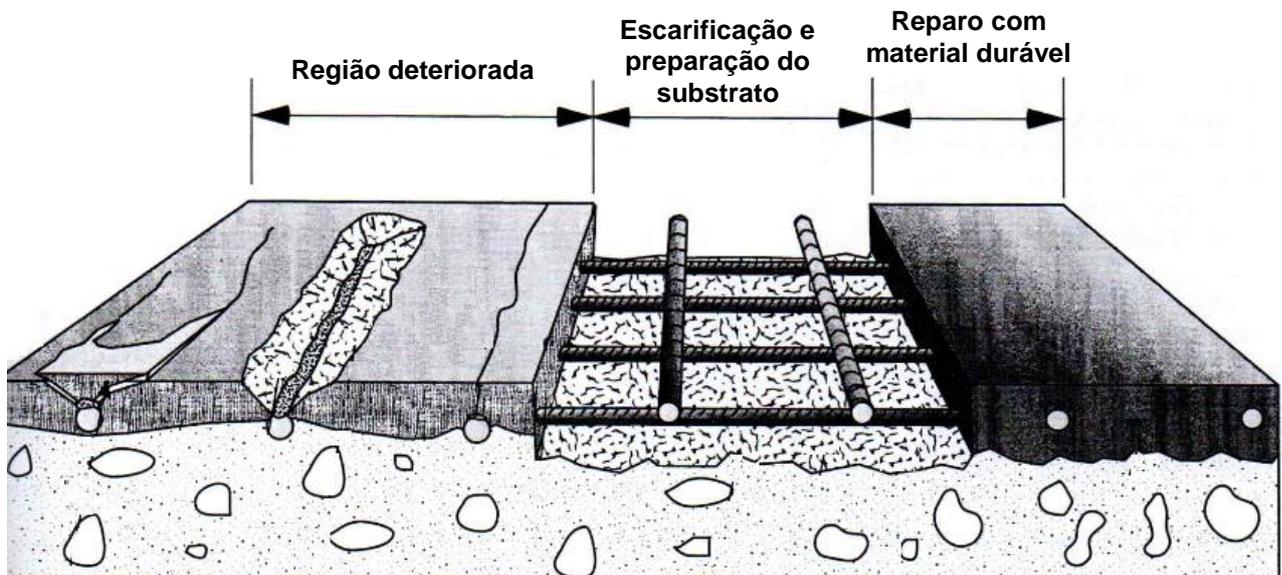


Figura 32 – Seqüência esquemática de realização de reparo em concreto estrutural (adaptado de P.H. EMMONS, 2001)

Os recobrimentos mínimos das armaduras das regiões a serem recuperadas deverão seguir as especificações do projeto.

6.1.1 *Delimitação da área de reparo*

O reparo consiste na delimitação da área, escarificação e corte do concreto existente ortogonalmente à superfície da peça. É necessário proceder à delimitação com máquina munida de serra circular com disco diamantado, próprio para concreto. A profundidade do corte deverá ser superior a 5 mm.

Quando em uso, a máquina de corte deverá ser mantida ortogonal à superfície e deve-se atentar para não danificar as armaduras.

A Figura 33 e a Figura 34 mostram exemplos de áreas delimitadas para reparo.

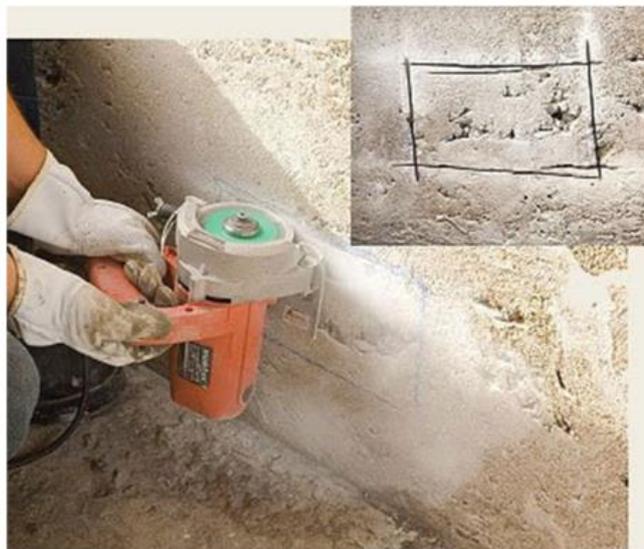


Figura 33 – Exemplo de corte em parede de concreto para delimitação da área para intervenção (Fonte: Silveira, 2009)



(a) Delimitação previamente ao corte



(b) Área delimitada através de disco de corte

Figura 34 - Delimitação da área de reparo através da realização de corte no concreto (a) Rehabilitacion y mantenimiento de estructuras de concreto (Helene P.; Pereira F., 2007); (b) revista Técnica edição 220 (2015)

6.1.2 Remoção do material deteriorado

Deverá ser realizada a retirada de todo o material deteriorado. Para a realização do trabalho de remoção, recomenda-se a utilização de ferramentas leves, de modo a ser preservada a integridade das armaduras e do concreto sã, quando possível, como mostra a Figura 35, além disso, esse trabalho deve ser cuidadoso para não danificar os caixilhos e vidros da fachada.

A Figura 36 apresenta uma superfície de concreto após a remoção do material deteriorado.



Figura 35 – Remoção do concreto com uso de martelo e talhadeira (Fonte: Silveira, 2009)



Figura 36 – Detalhe da superfície do concreto com adequada limpeza e exposição dos agregados

Durante a remoção do material deteriorado deverá ser tomado cuidado para que as armaduras não sejam afetadas ou rompidas. Caso alguma armadura seja danificada quando desta etapa de limpeza, deverá ser imediatamente informada ao responsável pela obra.

A escarificação da região de reparo deverá ser realizada com rebarbadores ou marteletes e ferramentas manuais. Utilizando marteletes pneumáticos leves (6 a 10kg) pararetirada do material deteriorado. Nas proximidades das armaduras, a demolição deve ser manual ou com ferramentas de no máximo 5kg.

Esta atividade tem por finalidade retirar todos os materiais soltos, segregados, além do concreto existente em torno das armaduras, até que seja possível passar a mão por trás das barras (mínimo de 2 cm livres) e também criar uma superfície ideal para a aderência do material de recomposição, que deve ser plana, com tolerância para pequenas variações e rugosa.

6.1.3 Limpeza

As armaduras devem ser preparadas e estar livres de oxidação, agentes contaminantes ou produtos originados da corrosão.

O material de corrosão superficial das barras de aço poderá ser removido através de escovação e lixamento (Figura 37 e Figura 38) ou com hidrojateamento. A escovação e o lixamento requerem a utilização de escova de cerdas de aço e lixa manual ou lixadeira elétrica.

A armadura deve ser preparada conforme padrão SA 2 ½. Recomenda-se verificar se a parte de trás das armaduras, de mais difícil acesso, também foi adequadamente limpa.

A limpeza tem por objetivo a remoção de qualquer produto impregnado na armadura, assim como da oxidação superficial do aço, por exemplo, para dar-se a etapa de proteção superficial das barras de aço.



Figura 37 – Escovação da armadura com escova dotada de cerdas de aço (Fonte: Silveira, 2009)



Figura 38 – Lixamento por trás da armadura utilizando lixa para metal (Fonte: Silveira, 2009)

Os trabalhos de limpeza e de preparo do substrato são de fundamental importância para o bom desempenho e durabilidade do reparo e da proteção. Geralmente, é despendido maior tempo nestes serviços preliminares do que nas demais etapas do processo de recuperação.

Antes de iniciar as etapas de recuperação, os resquícios de sistemas de proteção anterior, caso existentes, devem ser removidos mecanicamente. Após essa remoção, deve-se realizar a limpeza das superfícies de concreto para eliminar produtos utilizados na proteção superficial da estrutura, material impregnado, bolor e fuligem, e ainda auxiliar na identificação das áreas que deverão receber os tratamentos específicos.

Recomenda-se efetuar um hidrojateamento, de acordo com as orientações do fabricante dos produtos a serem aplicados. A aplicação do jato de água deverá ser realizada através de equipamento com bico direcional (tipo leque) e de alta pressão (5.000 a 10.000 psi), em movimentos descendentes.

O uso de limpeza a vapor ou mecânica em substituição ao hidrojateamento poderá ser validado pela empresa responsável antes de sua utilização, sendo o hidrojateamento preferível a qualquer outra técnica.

6.1.4 *Substituição das armaduras corroídas*

Ao final da limpeza deverá ser feita criteriosa inspeção visual para avaliar possíveis pontos que não se apresentem totalmente livres de carepas, caso em que deverá ser refeita a limpeza. Deverá ser feita a verificação do diâmetro das armaduras e caso se verifique que a armadura possui 10% ou mais de perda de seção (área transversal) deverá ser providenciada a sua complementação.

Caso seja constatada perda de seção por corrosão igual ou superior a 10% de sua seção transversal original ou seccionamento de barras, proceder à complementação com uma nova barra utilizando-se traspasse, solda ou luvas rosqueáveis.

No caso de solda, observar prescrições da ABNT NBR 6118:2014 – “Projeto e execução de obras em concreto armado”, item 9.5.4. – Emendas por solda. Para comprimento de traspasse, vide o item 9.5.2 da referida norma. As emendas por luvas também devem seguir as especificações da ABNT NBR 6118:2014.

A escolha da solução mais adequada deverá ser feita no momento da recuperação, avaliando a situação e posição, entre outros fatores, além das recomendações do item 9.5 da ABNT NBR 6118:2014 e da ABNT NBR 14931:2004. O projetista deverá ser consultado sobre essa solução.

Ressalta-se que é preciso evitar dobramentos excessivamente próximos às regiões soldadas e que o limite para emendas por traspasse em uma mesma seção é de 25% das barras.

6.1.5 *Pintura anticorrosiva das armaduras*

Este tipo de tratamento consiste no uso de barreira físico-química cuja finalidade é proteger as armaduras embutidas do ataque de agentes agressivos e impedir o início de eventual processo de corrosão.

Imediatamente após o processo de limpeza das barras, as mesmas deverão ser protegidas por meio de emprego de pintura passivadora anticorrosiva cimentícia. Estes materiais formam uma proteção impermeável e aderente ao aço e concreto sobre as superfícies e podem ser aplicados com pincel ou trincha.

A pintura das armaduras com este produto deve ser preparada e aplicada de acordo com as instruções do fabricante.

É importante que toda a parte exposta da armadura seja recoberta, inclusive a parte de trás, assim como arames de amarração e que se evite pintar a superfície de concreto.

O procedimento de reparo deve ser continuado tão breve quanto possível, desde que respeitado o tempo de secagem da pintura, de acordo com as orientações do fabricante e as condições climáticas.

6.1.6 *Recomposição do elemento estrutural*

Antes da aplicação do material de reparo, as superfícies deverão receber limpeza através de jato de ar comprimido visando eliminar poeiras, carepas, partículas soltas ou qualquer elemento que venha prejudicar a aderência do material de reparo.

Após a finalização da etapa de limpeza e proteção poderá ser iniciada a recomposição dos elementos estruturais com o emprego de argamassa polimérica, graute ou microconcreto (graute+pedrisco).

Nas áreas onde a profundidade de recuperação for inferior a 50 mm o material recomendado é argamassa à base de cimento, polimérica, preferencialmente industrializada e própria para reparos estruturais.

DESEK LTDA.

Já para as demais áreas onde a profundidade do reparo for superior a 50 mm ou em arestas (cantos vivos), recomenda-se utilizar graute à base de cimento Portland, com agregados naturais e aditivos, isentos de cloretos e componentes metálicos ou microconcreto.

O material escolhido deverá atender às especificações de projeto.

É importante fazer o uso de espaçadores, com o propósito de garantir a uniformidade do revestimento pretendido. Saliencia-se que, a fim de atender as condições normativas, deve-se garantir, pelo menos, o revestimento nominal indicado para a Classe de Agressividade II (3 cm para vigas e pilares).

6.1.7 Uso de argamassa polimérica

As argamassas poliméricas são utilizadas em locais com baixa espessura de reparo, até cerca de 50 mm. Atualmente existem produtos que são utilizados como argamassa de reparo que também são protetores anticorrosivos, pontes de aderência e servem para o nivelamento. Recomenda-se a verificação do custo-benefício destes produtos para a utilização nos elementos estruturais.

Caso seja utilizada argamassa de reparo sem inibidor de corrosão integrado, recomenda-se a aplicação do inibidor de corrosão na armadura antes da aplicação da argamassa de reparo.

A Tabela 1 apresenta algumas opções de produtos disponíveis no mercado.

Tabela 1 – Argamassa de reparo, protetor anticorrosivo e ponte de aderência.

PRODUTOS					
Argamassa de reparo com inibidores de corrosão	Zentrifix CR	SikaTop 122 Plus			MasterEmaco S 488Cl
Protetor anticorrosivo aplicação na armadura como pintura	Zentrifix KMH	Sikatop 108 Armatec	Viaplus Ferroprotec		MasterEmaco P 122
Ponte de Aderência	Zentrifix KMH	Sikadur 32	Viapoxi Adesivo Gel	Tecbond PL Quartzolit	MasterEmaco ADH 326

O produto escolhido deve atender à todas as exigências de projeto e deve ser aprovado pelo projetista. Além disso, devem ser seguidas todas as recomendações do fabricante quanto à preparação e aplicação do produto.

Deve-se verificar qual a espessura de reparo permitida para cada um dos produtos.

6.1.8 *Uso de graute ou microconcreto*

O graute com adição de pedrisco ou o microconcreto são indicados para áreas onde a profundidade do reparo for superior a 50 mm ou em arestas (cantos vivos).

Para a aderência entre o concreto velho e o graute ou microconcreto é necessário saturar o substrato com água até a condição SSS – Superfície Saturada e Seca (sem empoçamentos) antes do seu lançamento.

A Tabela 2 apresenta opções de grautes cimentícios que podem ser utilizados no reparo.

Tabela 2 – Opções de grautes cimentícios

Graute	Fabricante	f _c 28 dias (MPa)	Espessura máxima do reparo (cm)	Tempo máximo de aplicação (min)
Emckrete	MC-Bauchemie	≥ 50	10	30
Viagraute	Viapol	≥ 50	5	30
SikaGrout	Sika	≥ 40	5	30
Masterflow 490	BASF	≥ 40	5	-
Super graute quartzolit	Weber	≥ 50	6	30

O graute cimentício, sem adição de pedrisco, é recomendado para aplicação em locais com baixa espessura, para locais com espessuras maiores recomenda-se a adição de pedrisco ao graute ou o uso de microconcreto (com pedrisco na composição), conforme consta da Tabela 3.

Tabela 3. Opções de microconcreto

PRODUTO	Resistência à compressão (MPa)			Pot life (min)	Espessura máxima (mm)
	24h	3 dias	28 dias		
Emckrete 50	45	60	75	35	100
Weber.tec graute LA	20	30	60	20	300

Dependendo da espessura de reparo é possível também utilizar graute não industrializado, ou concreto. A cura deverá ser realizada tão logo o graute ou microconcreto tenha resistência autoportante e após 30 minutos até 1h30min, dependendo da temperatura ambiente quando da recuperação. Estas informações deverão ser indicadas pelo fabricante do produto.

Outra opção seria a utilização de concreto autoadensável, porém é necessária a execução prévia de ensaios para validar esta alternativa. Para garantir maior durabilidade é necessário utilizar concretos mais impermeáveis, com baixa relação água-cimento e com o uso de aditivos como sílica ativa, por exemplo, para reduzir a sua porosidade.

Fôrmas do tipo "cachimbo", por exemplo, garantem um bom preenchimento de falhas mais profundas em superfícies verticais, como pilares.

Depois de limpo, lavado e saturado, o substrato deverá ser preenchido, impreterivelmente, com material de base cimentícia e módulo de elasticidade semelhante ao do concreto existente. Isso garantirá a compatibilidade de deformação entre o material de reparo e o existente.

Após o reparo, deve-se fazer a cura o mais cedo possível e manter por, pelo menos sete dias, em condições normais.

O produto escolhido deve atender todas as exigências de projeto e deve ser aprovado pelo projetista. Além disso, devem ser seguidas todas as recomendações do fabricante quanto à preparação, aplicação e cura do produto. É necessário verificar qual a espessura máxima de reparo permitida para cada um dos produtos.

6.2 Reparos localizados

Em elementos estruturais que apresentam concreto disgregado ou armaduras corroídas, devem ser feitos reparos localizados.

Os reparos localizados consistem na quebra localizada do concreto deteriorado, tratamento do substrato e posterior reconstituição da seção do elemento.

É fundamental que o substrato (superfícies de concreto e aço) seja convenientemente tratado. A finalidade principal é remover todo material deteriorado e propiciar melhores condições de aderência na interface entre o substrato e o material de reparo a ser aplicado. Após a escarificação total do elemento estrutural, recomendamos a instalação de dispositivo para molhagem do substrato, que receberá o material de reparo, com água em abundância durante, no mínimo, 8 horas antes da execução do reparo. Este sistema deverá ser desligado somente quando do início da montagem das fôrmas.

Inicialmente é necessário marcar a área do reparo com lápis estaca e delimitar as regiões que receberão os tratamentos específicos de maneira a formar figuras geométricas regulares, preferencialmente retângulos ou quadrados, como exemplificado na Figura 39, evitando o excesso de arestas e ângulos agudos.

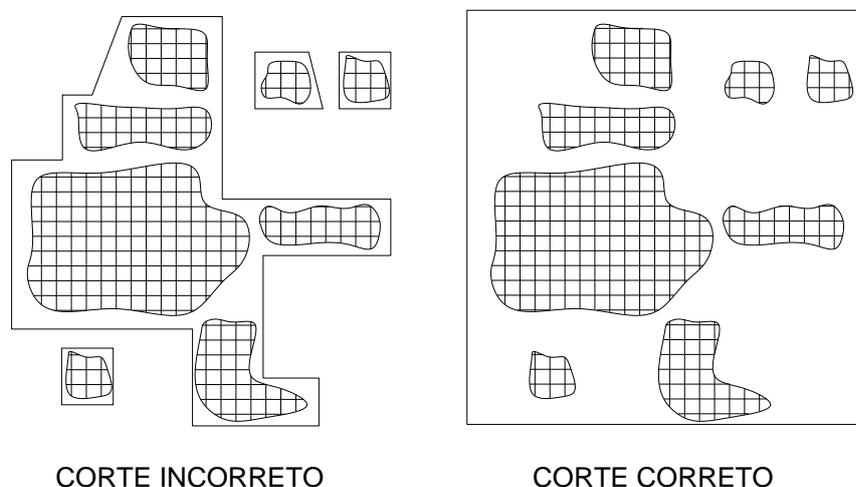


Figura 39– Exemplos de anomalias delimitadas para corte e reparo

DESEK LTDA.

Definidas as áreas a receberem tratamentos específicos, é necessário seguir as recomendações apresentadas nos itens 6.1.1, 6.1.2, 6.1.3, 6.1.4, 6.1.5, 6.1.6, 6.1.7 e 6.1.8.

Estes reparos devem ser feitos por meio da aplicação de material protetor anticorrosivo nas armaduras, limpeza do substrato, saturação do substrato com superfície seca, aplicação de ponte de aderência, preenchimento do local, nivelamento, proteção e cura, como mostra a Figura 40.

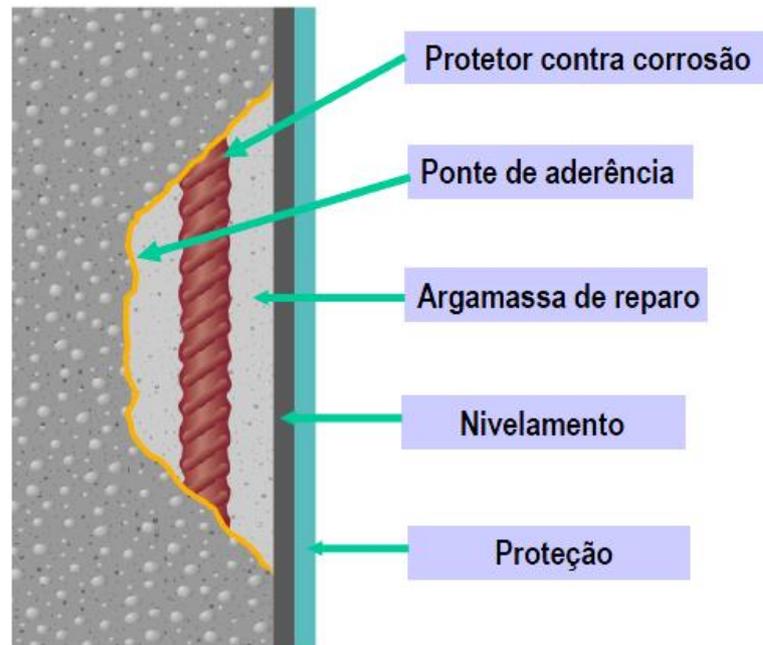


Figura 40. Procedimento de reparo das armaduras corroídas
Fonte: Saleme Jr.(2009)

Para regularizar a superfície da área tratada, utilizar desempenadeira metálica ou régua metálica. Também poderá ser empregada esponja macia, levemente umedecida.

Imediatamente após a conclusão das atividades deverá ser iniciada a cura úmida das regiões tratadas, através de molhagens constantes com água limpa durante 7 dias contínuos.

Com o propósito de reduzir a frequência de molhagens dos elementos durante a cura, indica-se que os mesmos sejam envolvidos por geotextil continuamente umedecidos.

A qualidade da execução de todos os reparos executados deve ser avaliada visualmente e por percussão com martelo de geólogo, 7 dias após o início da cura. Caso ele apresente som cavo ou fissuras, deverá ser refeito.

Deverão ser verificados ainda, em todos os elementos:

- Mistura dos materiais (no caso de sistemas bicomponentes ou tricomponentes);
- Limpeza e saturação do substrato antes da aplicação dos produtos;
- Limpeza das armaduras;

- Controle do tempo de vida útil ou “*pot life*” (de acordo com recomendações do fabricante);
- Controle de temperatura ambiente (de acordo com recomendações do fabricante);
- Controle da cura;
- Acabamento do reparo, sem excesso de material ou falha no preenchimento da região escarificada.

7. RECOMENDAÇÕES PARA REFORÇO DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Devido à necessidade de aumentar o número de pavimentos do edifício, será necessário também fazer o reforço de alguns elementos estruturais.

Os tipos de materiais a serem empregados para reforço deverão seguir as recomendações quanto a sua espessura e as especificações do projeto. Produtos industrializados como grautes, microconcretos e argamassas poliméricas podem ser empregados, desde que atendam às especificações técnicas relacionadas a resistência à compressão, módulo de elasticidade e fluência.

Nos elementos onde será necessário o reforço estrutural, inicialmente é necessário escarificar a superfície do concreto e remover o concreto/graute existente.

O material que será utilizado no reforço deverá apresentar propriedades que garantam sua aderência ao concreto existente, resistência mecânica aos esforços solicitantes e durabilidade. Será necessária a execução prévia de ensaios laboratoriais para validar o traço de concreto.

Para garantir maior durabilidade é necessário utilizar concretos mais impermeáveis, com baixa relação água-cimento e com o uso de aditivos como sílica ativa, por exemplo, para reduzir a sua porosidade.

O reparo deve ser feito por meio da limpeza e saturação do substrato com superfície seca, preenchimento da fôrma com concreto e cura.

As fôrmas devem ser estanques e assegurar o nivelamento e alinhamento do concreto fresco. Estas deverão estar fixadas de maneira a não se movimentarem quando do lançamento do concreto e devem suportar pressões exercidas pelo concreto.

Na ocasião em que o concreto for lançado, as superfícies das fôrmas devem estar isentas de incrustações de argamassa, nata ou materiais estranhos. Previamente ao lançamento do concreto, devem ser aplicados desmoldantes nas superfícies das fôrmas. Não devem ser untadas superfícies de armadura, de embutidos ou outras, onde for necessária aderência ao concreto.

As fôrmas não devem ser removidas até que o concreto tenha resistência suficiente para ser autoportante, em relação ao seu peso próprio e a cargas que, no momento, estejam atuando

sobre ele. O projetista deve ser sempre consultado a respeito do prazo de remoção das fôrmas e estas devem ser removidas sem causar danos ou choques no concreto.

Toda a armadura deve, quando do lançamento do concreto, estar livre de sujeira, ferrugem, óleo, graxa ou qualquer material que possa prejudicar a aderência do aço ao concreto.

Para garantir o cobrimento mínimo do concreto e posicionamento correto das armaduras, quando da concretagem, é necessário utilizar espaçadores. Recomenda-se o emprego de espaçadores de argamassa. Caso sejam empregados espaçadores de plástico, estes devem estar posicionados e amarrados à armadura de tal modo que não sofram deslocamentos quando das operações de concretagem.

A descarga dos concretos deve ser feita o mais próximo possível de sua posição final. Não deve ser permitida a descarga de concreto cujas propriedades conferidas em campo, de trabalhabilidade, não estejam em conformidade com o estabelecido.

Não é permitida a adição de água ou de cimento para a correção da mistura feita na central do concreto. A queda livre do concreto não deve ultrapassar 2 m, a menos que cuidados especiais sejam adotados, tais como o uso de trombas ou outros dispositivos ou haja autorização expressa para tanto.

As superfícies de concreto pré-existente sobre as quais o concreto deva ser lançado ou onde o concreto novo formará uma interface deverão ser limpas, tratadas e ficarem isentas de óleo, isentas de água parada ou corrente, lama, detritos, entulhos, etc. Nestas regiões recomenda-se umedecer a superfície, sem empoçamentos, por pelo menos 8 horas antes do lançamento do concreto para que não haja absorção de água pelo concreto pré-existente.

Recomenda-se que sejam estudadas as dosagens com os materiais recomendados de modo a verificar o desempenho do concreto visando minimizar o consumo de cimento desde que o f_{ck} seja atendido.

Seguir os procedimentos apresentados nos itens 6.1.3, 6.1.5 e 6.1.6. Nos locais com armaduras corroídas é necessário também seguir os procedimentos apresentados nos itens 6.1.2 e 6.1.4.

Caso sejam utilizados produtos industrializados, tais como como argamassas poliméricas, grautes ou microconcretos, recomenda-se seguir as orientações apresentadas nos itens 6.1.7 e 6.1.8.

O produto escolhido deve atender todas as exigências de projeto e deve ser aprovado pelo projetista. Além disso, devem ser seguidas todas as recomendações do fabricante quanto à preparação, aplicação e cura do produto. É necessário verificar qual a espessura máxima de reparo permitida para cada um dos produtos.

8. PROTEÇÃO SUPERFICIAL DO CONCRETO

Devido ao baixo cobrimento das armaduras, nos locais onde não for feita a recuperação, recomenda-se a proteção superficial do concreto através de pintura com material impermeabilizante, tais como:

- Emcephob NanoPerm T (MC-Bauchemie);
- Sikagard -63 N (Sika).

A aplicação deste produto de proteção deverá obedecer rigorosamente às recomendações do fabricante.

9. COLMATAÇÃO DE FISSURAS PASSIVAS

9.1 Tratamento de Fissuras com Aberturas Menores que 0,3 mm

Este tratamento se aplica às fissuras passivas, ou seja, sem movimentação e com abertura menor que 0,3 mm em concreto.

O substrato deve estar limpo, resistente e livre de umidade na superfície. Deve-se remover toda poeira, nata de cimento, graxa, óleo, agentes de cura, partículas soltas, pinturas e quaisquer outros materiais que prejudiquem a aderência da resina, utilizando um método mecânico, como por exemplo, lixando e, por último, é necessário limpar com jato de ar comprimido visando eliminar poeiras, partículas soltas ou qualquer material que venha prejudicar a aderência do material de reparo, objetivando ainda secar o substrato para aplicação da resina.

Para melhores resultados a superfície deve estar seca. No entanto, a condição de superfície saturada seca é aceitável.

Deve-se homogeneizar os componentes da resina de acordo com as orientações do fabricante.

A resina deve ser aplicada diretamente sobre a superfície utilizando rolo, espátula ou rodo. O material deve ser espalhado sobre a superfície e permitir a formação de poças sobre as fissuras. O material deve penetrar nas fissuras e no substrato, posteriormente, deve-se remover o excesso do material e não deixar filme visível sobre a superfície.

A avaliação da qualidade da colmatação das fissuras deverá ser visual e se baseada na verificação de:

- Mistura dos materiais (no caso de sistemas bicomponentes ou tricomponentes),
- Limpeza e ausência de umidade do substrato antes da aplicação da resina;
- Controle de *pot life* (de acordo com recomendações do fabricante);
- Controle de temperatura ambiente (de acordo com recomendações do fabricante);

- Acabamento do reparo, sem excesso de material ou falha no preenchimento.

9.2 Tratamento de Fissuras com Aberturas Iguais ou Maiores que 0,3 mm

Este tratamento se aplica às fissuras passivas, ou seja, sem movimentação e com abertura igual ou maior que 0,3 mm em concreto.

Perfurar o concreto em duas linhas, sendo uma de cada lado da fissura e de forma que os furos fiquem dispostos de forma alternada, inclinados a 45° (em relação à superfície e em direção à fissura). O espaçamento entre bicos de injeção é variável de acordo com o tipo de bico, espessura da peça de concreto, abertura da fissura, etc. Caso o fabricante da resina escolhida indique o distanciamento entre os furos, ele deve ser seguido, caso contrário, os bicos de injeção devem ser distanciados entre si e em relação à fissura por metade da espessura do elemento estrutural.

Caso a fissura apresente bifurcações, recomenda-se fixar bicos também nos pontos em que ocorrem as divisões.

Após a perfuração, a superfície do concreto ao longo da trinca ou fissura deve estar limpa, seca, isenta de pó, sujeiras, desmoldantes, graxa, óleo, pintura e partículas soltas. O substrato deve estar seco no momento da aplicação. A limpeza poderá ser feita com raspagem superficial com espátula, escovação elétrica com escova de aço e, por último, aplicar jato de ar comprimido.

Fixar os bicos ou niples de injeção com adesivo estrutural à base de resina epóxi diretamente sobre o concreto. A seguir deverá ser feita a colmatação entre os bicos de perfuração utilizando-se adesivo estrutural à base de resina epóxi e a verificação da intercomunicação entre os bicos ou niples, injetando ar comprimido pelo primeiro bico mantendo os demais fechados com exceção do bico subsequente ao primeiro. Esse procedimento é importante para avaliação da passagem da resina nos serviços de injeção.

O material a ser empregado consiste em resina epóxi de baixa ou baixíssima viscosidade, própria para injeção de fissuras. Utilizar equipamentos especiais para este tipo de atividade, garantindo a pressão indicada pelo fabricante da resina.

Homogeneizar os componentes do adesivo estrutural de acordo com as orientações do fabricante.

Iniciar a injeção de baixo para cima até que a resina verta no furo subsequente, sem bolhas de ar. Passado algum tempo (antes do início da pega do material), observar se ainda há resina no furo. Em caso negativo, deve-se repetir o processo. Após o endurecimento da resina e completo preenchimento, os bicos deverão ser cortados.

No caso das fissuras passantes, tendo-se acesso à face oposta, esta deverá ser colmatada. Somente após esta atividade é que deverá ser iniciada a injeção da resina.

Para o reparo dos furos deixados pelo bico de perfuração, poderá se executar o posterior preenchimento dos mesmos com argamassa polimérica cimentícia. Neste caso, promover a cura úmida por no mínimo 7 dias.

A avaliação da qualidade da injeção das fissuras será visual e se baseará na verificação de:

- Mistura dos materiais (no caso de sistemas bicomponentes ou tricomponentes),
- Limpeza e adequação de umidade do substrato antes da aplicação do adesivo;
- Controle de *pot life* (de acordo com recomendações do fabricante);
- Controle de temperatura ambiente (de acordo com recomendações do fabricante);
- Fluxo purgado constante, à pressão constante, após ser declarada a completa injeção da fissura;
- Acabamento da fissura, sem excesso de material ou falha no preenchimento;
- Ausência de fissuras ou som cavo no reparo dos furos deixados pelos bicos, após 7 dias de cura.

10. CONTROLE TECNOLÓGICO DO GRAUTE, CONCRETO E ARGAMASSA POLIMÉRICA

No caso dos produtos industrializados, a aplicação dos materiais cimentícios deverá obedecer rigorosamente às recomendações do fabricante, principalmente com relação as quantidades de materiais e tempo de manutenção da trabalhabilidade para sua aplicação. Recomenda-se a utilização de água gelada, na mistura, para minimizar a probabilidade de fissuração do microconcreto ou graute por retração.

No caso do concreto usinado, o recebimento deve ser realizado com os procedimentos de praxe, ou seja, verificação da nota fiscal, conferência dos dados nominais do traço (relação de materiais em massa, consumo de cimento, tipo de cimento, relação água-cimento, etc.).

Além disto, o controle do concreto fornecido deve ser por amostragem total, ou seja, todos os caminhões-betoneira devem ser amostrados conforme especificado pelas Normas Brasileiras.

Recomenda-se a execução de alguns testes para avaliar o desempenho dos materiais cimentícios no estado fresco e endurecido:

- a) Determinação da consistência/fluidez dos materiais que estão sendo empregados;
- b) Determinação da temperatura do material fresco previamente ao seu lançamento;
- c) Determinação da massa específica;

- d) Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ensaios de ruptura à compressão axial pelo menos aos 1, 3, 7 e 28 dias de idade, com um mínimo de 2 corpos de prova para cada idade de controle;
- e) Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos de concreto, para ensaio de módulo de elasticidade secante aos 3, 7 e 28 dias, para cada material;
- f) Sugere-se a realização de teste de arrancamento a ser executado na interface entre concreto existente e material de reforço.

Estes ensaios são necessários para caracterização dos materiais que serão utilizados durante a realização dos serviços de recuperação.

11. CURA

Os materiais empregados deverão ser curados por um período de 7 dias, pelo menos. Em superfícies verticais poderá ser utilizada cura química, manta ou geotextil continuamente umedecidos ou utilizar sistema de mangueira perfurada e instalada na região superior do pilar com água em abundância. Estas medidas visam melhorar a hidratação do material cimentício, de forma a melhorar o seu desempenho mecânico e minimizar o aparecimento de fissuras por retração.

No caso de cura química o produto de cura deverá obedecer à norma ASTM C 309.

Em caso de utilização de produtos industrializados é necessário seguir as recomendações do fabricante.

A Figura 41 apresenta um exemplo de cura com manta geotextil em pilar.



Figura 41. Exemplo de final de um período de cura de reforço de pilar (60MPa) com manta geotextil molhada periodicamente (foto: Desek)

12. REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- ABNT. NBR 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado - Especificação. Rio de Janeiro, 2007.
- ABNT. NBR 12655:2015 - Concreto de cimento Portland - Preparo, controle e recebimento - Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.
- ABNT NBR 14931:2004 - Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.
- ASTM C 309 - Standard Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete.
- SALEME JR, J. R. Inovações tecnológicas para a recuperação e proteção de estruturas. São Paulo, 2009.
- RTS 9.1.8.011.0018-001/14 - Relatório técnico – Análise das condições de durabilidade dos elementos estruturais de concreto externos e da estrutura da caixa d'água do prédio cultural, 2014.
- HELENE, P.; PEREIRA F. Rehabilitacion y mantenimiento de estructuras de concreto, 2007.
- P.H. EMMONS. Concrete repair and maintenance illustrated: problem analysis; repair strategy, techniques, 2001.
- SILVEIRA, L. Reparos de estruturas de concreto, 2009. Disponível em: <http://englucianosilveira.blogspot.com.br/2009/06/reparos-de-estruturas-de-concreto.html>
- TECHNE. Recuperação de estruturas de concreto armado exige planejamento e documentação dos serviços, Edição 220, Julho/2015.