

MARILSA INÊS SOUZA
MIRNA MOREIRA MURTA

**PATOLOGIAS, RECUPERAÇÃO E REFORÇO ESTRUTURAL EM
CONCRETO ARMADO**

CARATINGA

INSTITUTO DOCTUM DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA

ENGENHARIA CIVIL

2012

MARILSA INÊS SOUZA
MIRNA MOREIRA MURTA

**PATOLOGIAS, RECUPERAÇÃO E REFORÇO ESTRUTURAL EM
CONCRETO ARMADO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Instituto Doctum de Educação e Tecnologia, como parte das exigências para conclusão do curso de Graduação em Engenharia Civil e como requisito parcial para à obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Kleber A. Gonçalves

CARATINGA

BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

2012

MARILSA INÊS SOUZA
MIRNA MOREIRA MURTA

**PATOLOGIAS, RECUPERAÇÃO E REFORÇO ESTRUTURAL EM
CONCRETO ARMADO**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetida à Comissão Examinadora pelo
Curso de Graduação em Engenharia Civil
como requisito para obtenção do grau de
Bacharel.

Kleber A. Gonçalves (Orientador)
Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

Priscila Soraia da Conceição (Coordenadora)
Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

José Salvador Alves (Professor)
Instituto Doctum de Educação e Tecnologia

Caratinga, 05/12/2012

*“Qualquer homem pode tornar-se grande,
se realizar as coisas mais simples da vida
animado de um forte e sincero desejo de
ser útil aos outros, seja qual for a sua
profissão”.*

Eduardo Girão

AGRADECIMENTO

Marilsa Inês Souza

Agradeço primeiramente a Deus e a todas as pessoas que contribuíram para a realização desse trabalho.

Agradeço aos meus pais Izabel e Amarildo, por fazer parte dessa conquista, e por sempre acreditarem em mim, e me apoiaram nos momentos em que pensei em desistir.

Agradeço aos colegas, pelo companheirismo e aos meus Professores que tiveram grande importância para finalização deste trabalho.

AGRADECIMENTO

Mirna Moreira Murta

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem ele não seria nada. Agradeço a todos os meus familiares pelo apoio que sempre me dão e por sempre estar ao meu lado, me fazendo incapaz de viver sem vocês.

Agradeço a minha mãe Fátima, por me criar, educar e amar além de me proporcionar os estudos. Agradeço todos os dias a minha avó Odina (*in memoriam*) por ter tido a mais maravilhosa avó e mãe do mundo, sem ela não sei o que teria sido de mim, foi ela quem me criou e que sonhava, mais do que eu, com a minha formatura. Consegui vó!

Aos meus pais Robson, Paulo e Marcelo (*in memoriam*), que assumiram perfeitamente este cargo na ausência de uma figura paterna, tenho a obrigação de agradecer pelo carinho, apoio e dedicação, pois vocês são essenciais na minha vida e formação. Além de terem influenciado diretamente na minha escolha por esta profissão, pois são verdadeiros artesãos.

Não posso deixar de citar os mestres que fizeram parte da minha formação profissional, os quais me ensinaram tudo o que sei sobre Engenharia.

Não seria justo citar o nome de alguns amigos e outros não, pois com cada um eu vivi um momento especial da minha vida. Com a ausência de qualquer um que seja eu não teria vivido o que vivi, e não teria nestes momentos a lembrança de serem os melhores da minha vida.

Em especial agradeço ao Thales pelo seu companheirismo, amizade e amor. Por me enfrentar e sempre me impulsionar para frente, me fazendo uma pessoa melhor. Por isto, tem se tornado cada dia mais a pessoa certa na minha vida!

Agradeço aos meus colegas de sala, pelo apoio o incentivo nas horas mais difíceis do curso, sem eles não poderia ter vivido as mais belas aventuras quando ditas em 'colas' e 'trapaças'.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Corrosão Uniforme.....	17
Figura 2 - Corrosão Localizada	17
Figura 3 - Corrosão por Pite	18
Figura 4 - Fissuração por Recalque Diferencial	20
Figura 5 - Fissuração por Sobrecarga.....	20
Figura 6 - Fissuração por Retração do Concreto	21
Figura 7 - Fissuração por Agentes Agressivos.....	21
Figura 8 - Concreto mal vibrado	23
Figura 9 - Desgaste Superficial do Concreto.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de corrosão.....	16
-----------------------------------	----

SUMÁRIO

RESUMO	1
1. INTRODUÇÃO	2
2. ESTRUTURAS EM CONCRETO	4
2.1. CONCRETO SIMPLES	4
2.2. CONCRETO ARMADO	4
2.3. AÇOS PARA CONCRETO	5
2.4. PRINCIPAIS ELEMENTOS ESTRUTURAIS	5
2.4.1. Fundações	5
2.4.2. Lajes	6
2.4.3. Vigas	7
2.4.4. Pilares	8
3. PATOLOGIAS NA ESTRUTURA	10
3.2. CONCEITO DE PATOLOGIA	10
3.3. ORIGEM DAS PATOLOGIAS	10
3.3.1. Concepção	10
3.3.2. Execução	11
3.3.3. Utilização	11
3.4. CAUSAS DAS PATOLOGIAS	12
3.4.1. Deficiência nas armaduras	12
3.4.2. Fôrmas e escoramentos	13
3.4.3. Interpretação do Projeto	14
3.5. TIPOS DE PATOLOGIAS	14
3.5.1. Corrosão	15
3.5.2. Fissuras	18
3.5.3. Concreto Segregado ou Mal Vibrado	21
3.5.4. Desgaste Superficial do Concreto	23
4. RECUPERAÇÃO DAS PATOLOGIAS	25
4.2. TRATAMENTO DA CORROSÃO	25
4.2.1. Proteção Química	25
4.2.2. Galvanização	27
4.2.3. Pinturas Epóxi	28

4.3.	TRATAMENTO DE FISSURAS	28
4.3.1.	Fissuras Inativas	29
4.3.2.	Fissuras Ativas	31
4.4.	TRATAMENTO DO CONCRETO SEGREGADO OU MAL VIBRADO	34
4.5.	TRATAMENTO DOS DESGASTES SUPERFICIAIS DO CONCRETO.....	35
5.	CONCLUSÃO.....	36
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

RESUMO

Embora se tenha agregado conhecimento ao longo do desenvolvimento da Engenharia Civil, muitas estruturas apresentam desempenho insatisfatório, devido às falhas involuntárias, imperícia, a má utilização de materiais, envelhecimento natural, erros de projeto, enfim a uma série de fatores que contribuem para a degradação das estruturas. Nas construções de concreto armado de pequeno ou de grande porte, quatro elementos estruturais são indispensáveis: as fundações, as lajes, as vigas e os pilares. Normalmente as manifestações patológicas apresentam características comuns que permitem aos especialistas determinar a causa e os possíveis mecanismos que conduziram ao surgimento e as consequências para a estrutura caso não haja intervenção corretiva. Escolheu-se quatro tipos de patologias para serem abordadas neste trabalho, a corrosão, as fissuras, o concreto segregado ou mal vibrado e o desgaste superficial do concreto. Ressalta-se a importância dos trabalhos de recuperação e reforço de estruturas, estando este sob uma fiscalização eficiente e possuindo um controle da qualidade dos materiais e de todas as atividades envolvidas.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento em ritmo acelerado da construção civil para atender à demanda crescente por edificações sejam elas laborais, industriais ou habitacionais, impulsionado pela própria modernização da sociedade, promoveu um grande salto científico e tecnológico.

Embora se tenha agregado conhecimento ao longo do desenvolvimento da Engenharia Civil, muitas estruturas apresentam desempenho insatisfatório, devido às falhas involuntárias, imperícia, a má utilização de materiais, envelhecimento natural, erros de projeto, enfim a uma série de fatores que contribuem para a degradação das estruturas (HELENE,1988).

Os agentes agressivos do meio com o passar do tempo, causam degradação e mau funcionamento das estruturas de concreto. Este fato pode causar colapso das peças estruturais provocando riscos à estabilidade e segurança das edificações (FERNANDES, 2012).

Tais fatores são ampliados pela não inspeção e manutenção periódica, tornando pequenas patologias associadas à degradação e desgaste do concreto, que teriam baixo custo de reparo e recuperação, em ambientes com desempenho insatisfatório, insalubres, esteticamente degradados e de baixa segurança estrutural.

Designa-se genericamente por patologia das estruturas o estudo das origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas.

O estudo das patologias deve ser um processo contínuo de análise e aprimoramento, iniciado pelo cadastramento da situação existente e estendendo-se ao exame detalhado dos sintomas patológicos e ações profiláticas (SOUZA & RIPPER,1998).

Uma vez que na impossibilidade de substituição das peças degradadas, pode-se recorrer à recuperação ou reforço de estruturas de concreto, que consiste basicamente em restabelecer as condições de projeto e funcionamento (HELENE,1988).

No passado, em função do pouco conhecimento sobre o comportamento estrutural, as soluções limitavam-se à adição de novos elementos e apoios e ao

incremento das seções resistentes, métodos que, aliás, são empregados até hoje, no entanto, com o aprimoramento das técnicas de reforço, apesar da grande variedade de lesões às quais estão sujeitas, já é possível afirmar que quase sempre há uma solução para reparar estruturas danificadas.

Com o intuito de estudo sobre as patologias de concreto, este trabalho tem por objetivo: apresentar os sintomas e as patologias, para que possa identificar a causa que levou a recuperação estrutural; Identificar as falhas ocorridas durante a vida útil da edificação, através de estudos em literatura; e apresentar alguns conceitos, métodos, técnicas e materiais a serem utilizados para que possam solucionar os devidos problemas da estrutura.

Assim sendo, este trabalho encontra-se dividido em três partes, a primeira consiste em mostrar, de modo geral, um estudo teórico sobre as estruturas de concreto armado, a segunda parte deste trabalho está designada a dizer quais são as causas mais comuns das patologias em estruturas, bem como quais são as mesmas, a terceira parte, encontram-se os métodos e técnicas para recuperação e/ou reparo das patologias descritas na segunda parte.

2. ESTRUTURAS EM CONCRETO

2.1. CONCRETO SIMPLES

Entende-se por concreto um material de construção proveniente da mistura de um aglomerante (cimento), com agregado miúdo (areia), agregado graúdo (brita) e água, com proporções certas e bem definidas.

O acréscimo de aditivos influencia nas características físicas e químicas do concreto fresco ou endurecido. Para moldar o concreto fresco utiliza-se de formas e adensamento com vibradores. Poucas horas após, o concreto começa seu processo de endurecimento, o qual aos 28 dias atinge em cerca de 60 a 90% de sua resistência (SOUZA JR.).

2.2. CONCRETO ARMADO

Por concreto armado entende-se como a associação do concreto simples com uma armadura, formada por barras de aço, a qual transforma o concreto usualmente simples em Concreto Armado.

As barras de aço existentes na armadura devem absorver os esforços de tração que surgem nas peças submetidas à tração ou flexão, pois o concreto possui alta resistência à compressão, e pequena resistência à tração (PINHEIRO *et al.*, 2010).

2.3. AÇOS PARA CONCRETO

O uso de aço no concreto foi decisivo e fundamental para o desenvolvimento da construção no século XX. Tal feito somente foi possível graças à quase perfeita aderência entre concreto e aço.

Os aços para concreto diferenciam-se principalmente por três fatores, sendo estes: a qualidade (resistência à tração, dilatação de ruptura); a conformação superficial (laminado áspero, nervurada); e os tipos de fabricação (não-tratado, deformado a frio) (ADÃO & HEMERLY, 2010).

2.4. PRINCIPAIS ELEMENTOS ESTRUTURAIS

Uma estrutura de concreto armado é composta por uma série de “elementos” individuais que interagem entre si para resistir às cargas deliberadas à estrutura. A interação entre esses elementos deve ser assegurada através de uma análise completa da estrutura.

Nas construções de concreto armado de pequeno ou de grande porte, quatro elementos estruturais são indispensáveis: as fundações, as lajes, as vigas e os pilares. Sendo assim considerados como os mais importantes (MACGREGOR, 1988).

2.4.1. Fundações

Entendem-se como fundação os elementos estruturais que possuem a função de conduzir as ações que atuam na estrutura à camada resistente do solo. Tais elementos devem possuir uma resistência adequada, garantindo que haja o devido suporte as tensões originadas pelos esforços solicitantes.

Uma fundação deve ainda, transferir e distribuir de forma segura as ações da superestrutura (laje, pilar e viga) ao solo, de tal forma que não possa causar recalque diferencial, o qual é totalmente maléfico ao sistema estrutural, e/ou a ruptura do solo.

Por se existir vários tipos de fundação, a sua escolha é feita em função das cargas as quais a edificação possuirá e da profundidade do solo. A NBR 6122:1996 classifica as fundações em dois tipos, as superficiais e as profundas.

A Fundação superficial ou rasa é descrita como o elemento com o qual a ação é transferida excepcionalmente por tensões distribuídas sob a base da fundação.

Por fundação profunda entende-se como o elemento o qual tem a função de transferir as ações do terreno pela base, pela superfície lateral, além de se encontrar em uma profundidade de no mínimo três metros (ALVA, 2007).

2.4.2. Lajes

Lajes são elementos estruturais que recebem as cargas devido ao uso, assim como as cargas permanentes e posteriormente as transferem aos apoios, os quais têm por função travar o pilar e distribuir as ações horizontais entre os elementos (PINHEIRO *et al.*, 2010).

As lajes estão designadas a receber a maior parte das cargas aplicadas na construção, como de pessoas, móveis, paredes, além das cargas mais distintas que ocorrem devido ao intuito arquitetônico do espaço ao qual a laje venha a fazer parte.

As ações das cargas são perpendiculares ao nível da laje, e podem ser divididas em: distribuídas na área (peso próprio, revestimento de piso, etc.), distribuídas linearmente (paredes) ou forças concentradas (pilar que é apoiado sobre a laje). Tais ações são comumente transferidas para as vigas de apoio, mas podem também ser transmitidas diretamente aos pilares (BASTOS, 2006).

Lajes são os pisos e tetos das edificações, assim como tampas e fundos de caixas d'água de concreto armado. Ao dimensionar uma laje consideram-se as mesmas na flexão, assim como as vigas.

Tem-se como exemplo de laje as lajes maciças, estas são as mais tradicionais. Juntamente com os outros elementos estruturais (vigas e pilares), elas formam um conjunto único com transmissão, de esforços, deslocamentos e deformações, entre todos os seus elementos.

É de fundamental importância lembrar que as lajes são os primeiros elementos da estrutura que recebem a carga para qual a mesma é destinada. Além de serem elementos em que duas dimensões, prevalecem sobre uma terceira (ADÃO & HEMERLY, 2010).

2.4.3. Vigas

Denomina-se viga “o elemento estrutural projetado para suportar diversas cargas em sua extensão” (BASTOS, 2005). Estas vigas frequentemente estão sujeitas a cargas dispostas verticalmente, resultando assim, em esforços de cisalhamento e flexão.

Por serem elementos lineares a flexão torna-se predominante. “Elementos lineares são aqueles em que o comprimento longitudinal supera em pelo menos três vezes a maior dimensão da seção transversal, sendo também denominada barras” (BASTOS, 2005).

As vigas tem a função de servir como apoio para as lajes e para outras vigas, quando as mesmas não possuírem apoios (pilares), em sua extremidade. Por assim serem, as lajes descarregam cargas distribuídas sobre as vigas, e as vigas que se apoiam em outras vigas ocasionam a carga.

Ao realizar o somatório das cargas distribuídas atuantes nas vigas observa-se que as mesmas incluem além das cargas da laje, o peso próprio das vigas e as cargas da parede, localizadas sobre a viga (ADÃO & HEMERLY, 2010).

Os engenheiros e arquitetos priorizam que as vigas fiquem embutidas nas paredes de vedação, para que não possam ser percebidas visualmente. Para que isso ocorra, ao se fazer um projeto estrutural deve-se levar em consideração a espessura final da parede a qual depende exclusivamente da dimensão e da posição de assentamento das unidades de alvenaria na edificação.

Para se determinar a altura de uma viga, devem ser considerados vários fatores, como por exemplo, o vão, o carregamento e a resistência do concreto. A altura da viga deve ser satisfatória para que se possa proporcionar uma resistência mecânica e baixa deformabilidade (BASTOS, 2005).

Percebe-se, ainda, através de Leonhardt & Mönning (2008), que se usa a viga retangular simples, para vão pequenos, enquanto a viga T é mais leve, mais econômica e adequada para vãos médios e grandes.

2.4.4. Pilares

“Os pilares visam absorver, todas as cargas verticais que atuam sobre um pavimento de um prédio” (LEONHARDT & MÖNNIG, 2008). Sendo as cargas, de uma maneira geral, transmitidas por ações de vigas. O peso próprio dos pilares também fornece carga vertical, apesar de o valor ser pequeno em comparação ao somatório total geral das cargas. (LEONHARDT & MÖNNIG, 2008).

No que se refere a pilares, Adão & Hemerly (2010), relata que:

Os pilares são os únicos elementos estruturais que tem continuidade ao longo da prumada de um prédio residencial ou comercial. Após a concretagem de uma “laje” de um teto tipo os únicos ferros que aparecem “aguardando” a próxima concretagem são os de “espera” dos pilares. Reinicia-se, após esta concretagem, um novo processo com colocação de ferros e formas para estes pilares que continuam, escoramento e formas com respectivas armações das vigas e lajes e finalmente lançamento de concreto.

Os pilares são classificados de acordo com a sua posição na planta, pode-se classifica-los então como: pilares intermediários, pilares de extremidade e pilares de canto. Esta classificação permite considerar as diferentes situações de projeto e de cálculo, em relação aos esforços solicitantes, em que cada um desses pilares se enquadra.

2.4.4.1. Excentricidade de Primeira Ordem

Para que os pilares estejam submetidos a flexão composta, ou seja, apresentem excentricidade inicial em duas direções (principais), a partir do centro geométrico do pilar, e com valores numéricos iguais aos dos momentos com plano de ação que contem cada eixo principal divididos pelo módulo da força normal de compressão, as vigas e os pilares devem formar os pórticos tridimensionais (barras retas articuladas entre si) (ALVA *et al.*, 2008).

2.4.4.2. Excentricidade de Segunda Ordem

Para se determinar os efeitos locais de segunda ordem, usa-se o método geral ou métodos aproximados, para isto aplica-se o método do pilar padrão com curvatura aproximada e o método do pilar padrão com rigidez aproximada. “Os pilares com esbeltez média correspondem à maioria das ocorrências em estruturas, sendo mais raros os casos de pilares com índices de esbeltez maiores do que 90” (ALVA *et al.* 2008).

3. PATOLOGIAS NA ESTRUTURA

3.2. CONCEITO DE PATOLOGIA

“A patologia é um termo tradicionalmente utilizado na medicina e refere-se à ciência que estuda as doenças, suas origens, os sintomas, os agentes causadores e os mecanismos ou processo de ocorrência” (AZEVEDO, 2011). Na Engenharia Civil estas “doenças” em estruturas de concreto, equivalem aos danos ou defeitos que comprometem o desempenho e a vida útil de uma estrutura.

Normalmente as manifestações patológicas apresentam características comuns que permitem aos especialistas determinar a causa e os possíveis mecanismos que conduziram ao surgimento e as consequências para a estrutura caso não haja intervenção corretiva.

Há casos em que o diagnóstico não é tão fácil, pois vários fatores ou ainda fatores ocultos que podem ter contribuído para o surgimento da manifestação patológica (AZEVEDO, 2011).

3.3. ORIGEM DAS PATOLOGIAS

As patologias do concreto podem ser originadas a partir de três fatores principais, a concepção, execução e utilização.

3.3.1. Concepção

As causas mais prováveis de falhas ocorridas durante a etapa de concepção do projeto são aquelas ocasionadas através de um estudo preliminar insuficiente, ou de antiprojetos equivocados, como por exemplo: Projetos inadequados (cálculo da

estrutura deficiente, avaliação da resistência do solo, etc.); Falta de compatibilidade entre a estrutura e a arquitetura; Especificação inadequada de materiais; Detalhes construtivos inexecutáveis; Falta de padronização; e Erros de dimensionamento. Sendo as falhas ocasionadas na realização do projeto normalmente responsáveis pela implantação de problemas patológicos graves (SOUZA & RIPPER, 1998).

3.3.2. Execução

Seguindo o raciocínio lógico do processo de construção civil, a execução deve ser iniciada logo após o término da concepção do projeto, ou seja, após obter-se uma conclusão de todos os seus estudos e projetos.

Os principais defeitos que podem ocorrer na etapa de execução são: Falhas na armação (estribos, ancoragem, espaçamento, etc.); Falhas na concretagem (lançamento, adensamento, cura, fôrmas, juntas de dilatação, etc.); Diferença entre a planta de armação e a lista de ferro; Quando a armadura desloca sua posição quando da concretagem; e Projetos inadequados, deficiência no cálculo da estrutura ou avaliação da resistência do solo (SOUZA & RIPPER, 1998).

3.3.3. Utilização

Ainda que as etapas de concepção e execução tenham sido de uma qualidade apropriada, as estruturas podem vir a apresentar problemas patológicos oriundos da utilização errônea ou da falta de um programa de manutenção adequado.

Os problemas patológicos originados por manutenção inadequada, ou mesmo pela ausência total de manutenção, têm sua origem associada ao desconhecimento técnico, na inaptidão e em problemas econômicos.

A manutenção recorrente evita problemas patológicos graves e/ou mesmo a ruína da estrutura. Os meios de trabalho inadequados durante a utilização podem ser divididos em dois grupos: ações previsíveis e ações imprevisíveis ou acidentais.

Pode-se incluir nas ações previsíveis a carga excessiva, devido à insuficiência de informações no projeto e/ou até mesmo a inexistência de um manual de utilização. No caso das ações imprevisíveis há a ocorrência de alterações das condições no aspecto das estruturas, incêndios, abalos ocasionados por obras vizinhas, etc. (SOUZA & RIPPER, 1998).

3.4. CAUSAS DAS PATOLOGIAS

As patologias podem ocorrer principalmente devido a deficiência nas armaduras, às formas e escoramentos, utilização errônea e a interpretação do projeto.

3.4.1. Deficiência nas armaduras

As deficiências que podem ser apontadas como as mais frequentes são: a má interpretação dos elementos de projeto; a insuficiência nas armaduras; o posicionamento das armaduras, o cobrimento, e a ancoragem. Cada um destes está descrito, a seguir, de forma sucinta, mas pode ser aprofundado pelo leitor no artigo “Patologias em Estruturas de Concreto Armado”.

A má interpretação dos elementos de projeto pode ser definida como a inversão da posição de determinadas armaduras ou mesmo na troca de uma peça; isto ocorre devido à falta de informações nas plantas de armação ou mesmo através da mudança de plantas por listas de armações inapropriadas.

A Insuficiência das armaduras ocorre principalmente como um resultado da irresponsabilidade e/ou incapacidade quando há uma redução da capacidade de resistência da peça estrutural.

O mau posicionamento das armaduras ocorre quando não há uma atenção voltada para o correto espaçamento entre as barras, ou mesmo no movimento de deslocação das barras de aço em relação a sua posição original. Tal fator normalmente se origina através do trânsito dos operários, e materiais por cima da malha de aço, durante a concretagem. A utilização de dispositivos adequados é fundamental para garantir o correto posicionamento das barras da armadura.

Quando o cobrimento do concreto é insuficiente, ou de má qualidade, este facilita o surgimento dos processos de deterioração, como o da corrosão, permitindo assim, uma abordagem direta dos agentes agressivos externos a estrutura.

Usualmente realiza-se o dobramento das barras de ancoragem antes da conclusão das formas, o que impossibilita na obtenção de medidas exatas no local. Quando isto ocorre, o comprimento das barras cortadas e dobradas não possuem o tamanho necessário para que se tenha a devida ancoragem, independente de ficar numa viga ou coluna. Se houver vãos curtos, recomenda-se prolongar a ferragem em todo vão como uma barra contínua, pois se o comprimento das armaduras for insuficiente, podem originar-se fissuras (STELZER *et al.* 2009).

3.4.2. Fôrmas e escoramentos

A utilização de fôrmas, tanto de madeira quanto de metal, ocasiona na formação de uma camada de pasta e argamassa, adjacentes as superfícies do concreto, com uma qualidade inferior as camadas internas do mesmo, isto ocorre devido à elevada relação água/cimento. Tais fôrmas podem gerar efeitos indesejáveis no concreto, podendo afetar sua própria estrutura produzindo vazios, ondulações, deformações, ou efeitos que possam afetar seu aspecto, produzindo uma mudança de coloração, que deixam o concreto esteticamente feio tende a ser aparente.

Há ainda outros efeitos, decorrentes da execução de fôrmas que podem ser consideradas patologias, tais como a falta de fiscalização na limpeza; emprego de fôrmas sujas e com restos de argamassa ou pasta de usos anteriores; o não

umedecimento ou falta de desmoldantes nas superfícies das fôrmas, etc. (STELZER *et al.* 2009).

3.4.3. Interpretação do Projeto

Existem situações onde se tem um bom projeto e a estrutura está perfeitamente calculada e, contudo, encontram-se defeitos em obra que, ao se analisar, apontam que houve erros da parte dos projetistas que passaram as plantas de projeto para plantas de execução, na má interpretação das plantas por parte dos armadores, etc.

Nas etapas intermediárias entre o projeto e a execução, podem ser introduzidos erros evitáveis, ao se fazer uma revisão e constatação muito minuciosa para corrigir o que for necessário antes do início da obra.

Um bom exemplo para esta situação, são as falhas nas plantas de armação, as quais podem conter escalas insuficientes, ou até mesmo como o resultado da mudança de plantas claras por listas de armações confusas ocorridas na obra, as quais são amplamente deficientes.

É essencial pensar que as plantas vão ser interpretadas na obra, por pessoas, muitas das vezes, inexperientes ou com uma interpretação diferente do projetista, fazendo assim com que a falta de clareza ocasione erros lamentáveis (STELZER *et al.* 2009).

3.5. TIPOS DE PATOLOGIAS

Escolheu-se, devido a grande extensão do assunto, quatro tipos de patologias para serem abordadas neste trabalho, sendo estas as mais comuns atualmente na construção civil, a corrosão, as fissuras, o concreto segregado ou mal vibrado e o desgaste superficial do concreto.

Vale ressaltar que estas patologias quando ocorridas nos elementos estruturais como fundações, lajes, vigas e pilares, tendem a comprometer a estabilidade e durabilidade da edificação.

3.5.1. Corrosão

“Os materiais metálicos em contato com ambientes agressivos estão sujeitos à corrosão” (BERTOLINI, 2010). Usualmente se usa distinguir a corrosão em corrosão úmida e corrosão seca. A primeira acontece quando há um contato entre os materiais metálicos e algum tipo de solução aquosa, como as águas doces ou salgadas, as soluções ácidas ou alcalinas, ou até mesmo o contato com ambientes que contenham água, como o solo e o concreto. A segunda acontece quando o material encontra-se sob alta temperatura (BERTOLINI, 2010).

As estruturas de concreto armado devem ser componentes de inspeções periódicas, as quais analisam as estruturas e fazem o diagnóstico das anomalias, e as corrigem a tempo, mediante a um tratamento apropriado à situação em que a estrutura se encontra, sendo assim não se pode considerar as estruturas de concreto armado como perenes.

Tal situação é importante, especificamente, em obras de grande porte como complexos industriais, estruturas portuárias, usinas siderúrgicas, represas, hidrelétricas, e em qualquer obra em que o meio possa atuar de maneira não favorável, provocando a corrosão do concreto (CÁNOVAS, 1988).

Devido ao fato de os materiais metálicos serem utilizados, na construção, em diferentes aplicações e funções, a corrosão pode causar vários efeitos sob a edificação, alguns destes são: Implicar na segurança estrutural, reduzindo a seção resistente dos elementos de suporte ou dos elementos de junção; Se o componente for vinculado ou mesmo completa ou parcialmente imerso em um material rígido e frágil, a ação expansiva dos produtos de corrosão pode induzir distorções ou fissurações; Se o ataque for localizado, a corrosão pode determinar a perfuração do componente; no caso de tubulações ou recipientes, existe, portanto, o risco de perda de líquidos ou gases; Em combinações específicas de material metálico, ambiente e

condições de solicitação mecânica, podem se formar fissuras as quais podem levar a perigosas rupturas imprevistas, mesmo nos materiais mais resistentes; A corrosão pode meramente alterar o aspecto exterior (BERTOLINI, 2010).

Comumente este tipo de fenômeno ocorre em pilares, vigas e lajes, quando expostos ao meio e a agentes físicos, como a água.

A corrosão pode ser subdividida em cinco tipos: corrosão uniforme (Figura 1), corrosão localizada (Figura 2), corrosão por pites (Figura 3), dissolução seletiva e ação conjunta da corrosão e de um fator mecânico. Cada um dos tipos de corrosão está de forma sucinta, descrita na tabela 1:

Tabela 1 – Tipos de corrosão

Tipo de Corrosão	Características
Uniforme (ou quase uniforme)	Toda a superfície do metal se corroi à mesma velocidade (ou com velocidade parecida).
Localizada	Certas áreas da superfície do metal se corroem a velocidade mais elevada do que as outras por causa da “heterogeneidade” do metal, do ambiente ou da geometria da estrutura como um todo. O ataque pode variar de pouco localizado até a formação de pites (concauidades).
Pites	Ataque fortemente localizado em áreas específicas, que leva à formação de pequenos pites (cavidades) que penetram no metal e podem levar à perfuração da parede metálica.
Dissolução seletiva	Um dos componentes de uma liga (em geral, o mais reativo) é consumido seletivamente.
Ação conjunta da corrosão e de um fator mecânico	Ataque localizado ou fratura devida à ação sinérgica de um fator mecânico e da corrosão. Pode manifestar-se, por exemplo, na forma de corrosão-erosão, corrosão sob tensão, corrosão-fatiga.



Figura 1 - Corrosão Uniforme. Fonte: Centro de Estudo de Engenharia Civil – Rio de Janeiro



Figura 2 - Corrosão Localizada. Fonte: site Manutenção e Suprimentos



Figura 3 - Corrosão por Pite. Fonte: Associação Brasileira de Química

3.5.2. Fissuras

“Fissuras são descontinuidades que ocorrem no concreto em virtude de sua baixa resistência à tração” (VITÓRIO, 2003). As fissuras podem ser apresentadas com abertura em níveis de alerta, “atenção” ou “crítico”, a constatação de um destes níveis relata a ocorrência de um comportamento anormal o que leva, conseqüentemente, os componentes da estrutura a perder em suas características de integridade, de segurança, de durabilidade, de impermeabilidade e demais requisitos estabelecidos na sua concepção.

Deve-se fazer uma exata classificação da fissura, quanto a sua origem, suas dimensões e, sobretudo, quanto a sua gravidade, para que se possa identificar a necessidade de passar ao seu tratamento e a escolha da técnica e dos materiais adequados para o seu reparo. Posteriormente a sua manifestação e evolução, as fissuras podem vir a apresentar aberturas que se modificam ao longo do tempo (fissuras ativas ou evolutivas) ou aberturas que estão estabilizadas (fissuras inativas e estáveis), tal definição é básica para a escolha do tratamento que a fissura deve receber.

As fissuras inativas e estáveis são assim classificadas, pois as mesmas quando alcançam sua máxima amplitude, estabilizam-se, pois há então o

cessamento das causas que as geraram, como é o caso das fissuras de retração hidráulica ou das provocadas por um recalque diferencial de fundação que esteja estabilizado.

As fissuras ativas ou evolutivas são assim classificadas por serem produzidas por ações de intensidade variáveis as quais provocam deformações também variáveis no concreto. Este é o caso das fissuras de origem térmica e das de flexão provocadas por ações dinâmicas (VITÓRIO, 2003).

Segundo a revista *Construção Mercado*, dentre os inúmeros fatores que causam o aparecimento das fissuras, destacam-se, como descritos a seguir, os recalques diferenciais, as sobrecargas, os agentes agressivos e a retração por secagem.

Quanto ao recalque decorrente dos elementos de fundação promove, de modo geral, fissuras e esmagamentos localizados. Trincas inclinadas em direção ao ponto recalcado com aberturas variáveis ao longo do comprimento das mesmas são as configurações típicas do fissuramento produzido por recalques diferenciais (Figura 04) (THOMAZ, 1996).

Quanto a ação de sobrecargas na edificação pode ocasionar fissuras nas peças de concreto submetidas à flexão, cisalhamento, flexo-compressão, torção e compressão axial. A forma das fissuras originadas por sobrecargas é diferenciada em função das partes solicitantes.

Quanto aos agentes agressivos, inúmeras são as substâncias químicas e agentes físicos capazes de acelerar o processo de deterioração dos materiais, podendo se destacar o processo de corrosão da armadura nas peças de concreto armado. Sendo os principais fatores que levam a corrosão de armadura os cobrimentos insuficientes, mau adensamento e/ou alta permeabilidade do concreto, bem como sua má execução. Esse processo é comum em lajes, vigas e pilares expostos aos agentes, e ocorre devido à presença de água e ar que desencadeiam a oxidação de todas as regiões mal protegidas da armadura. Pode-se dizer que essas fissuras apresentam-se paralelas à direção da armadura principal.

Quanto à retração por secagem, pode-se dizer que são comuns a pilares e vigas, ao qual a redução de volume é causada pela diminuição de umidade. Ao perder umidade, o concreto se contrai, e ao ganhar, se expande. Este efeito de variação de volume das estruturas de concreto é prejudicial à mesma, pois ele não

permite uma liberdade em sua movimentação. No entanto, isso não acontece devido ao engaste na fundação, à existência de armadura e a outros fatores que impedem a flexibilidade das peças da estrutura. Este impedimento à movimentação leva ao aparecimento de tensões de tração que são capazes de romper o concreto, gerando o surgimento de fissuras. Sendo assim, pode-se dizer que quanto maior for o consumo de cimento acrescentado à mistura, relação água-cimento e finura dos agregados, maior será a retração do concreto.

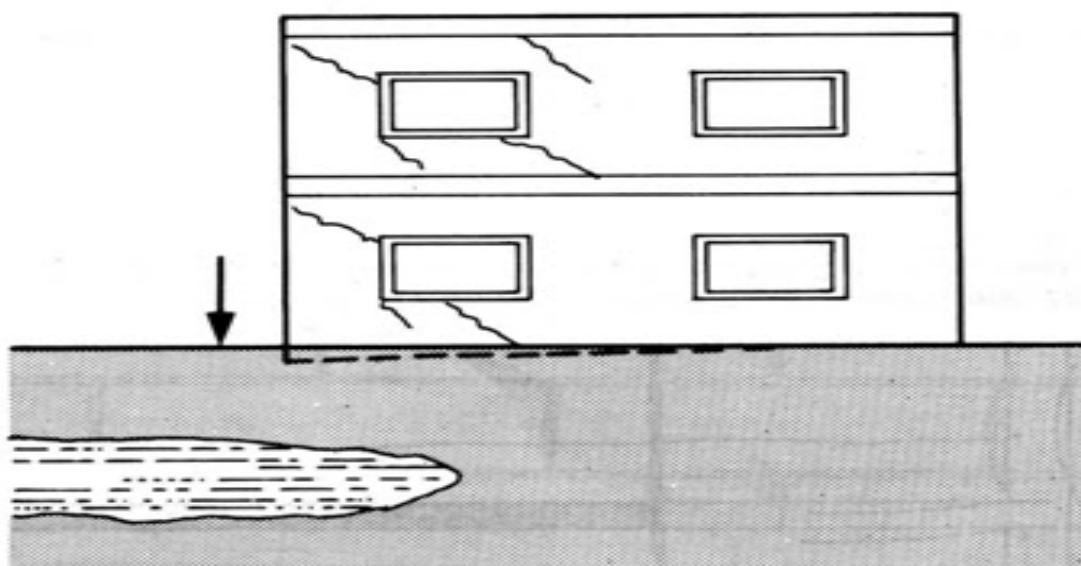


Figura 4 - Fissuração por Recalque Diferencial. Fonte: site www.aldowerle.blogspot.com.br



Figura 5 - Fissuração por Sobrecarga. Fonte: site www.sosimoveisbrasil.com.br



Figura 6 - Fissuração por Retração do Concreto. Fonte: site <http://www.consultoriaeanalise.com>



Figura 7 - Fissuração por Agentes Agressivos. Fonte: Revista Construção e Mercado

3.5.3. Concreto Segregado ou Mal Vibrado

Ao se preparar e lançar o concreto corretamente, o mesmo se transforma em uma massa homogênea, a qual todas as pedras estão totalmente cobertas pela pasta de cimento, areia e água. Quando ocorre um erro de lançamento ou de

vibração, estas pedras se difundem pelo do resto da pasta, formando assim, um concreto cheio de vazios, permeável, e que permite a passagem de água para o piso inferior, sendo este fenômeno característico de pilares.

Segundo o Manual de Vibração do Concreto da Multiquip, “a vibração do concreto pode tornar melhor a resistência do concreto à compressão por cerca de 3% a 5% para cada unidade percentual de ar removido”. A vibração concretiza o concreto em duas etapas: a primeira se dá pelo movimento das partículas de concreto, e a segunda pela remoção do ar retido.

A vibração faz com que o concreto submeta suas partículas individuais a uma rápida sessão de impulsos, que causam o movimento diferenciado, ou seja, faz com que cada partícula se mova independentemente da outra. Para se eliminar os vazios e trazer a pasta a superfície para que a mesma possa ajudar no acabamento, as partículas devem se consolidar à medida que o ar retido é forçado para a superfície, permitindo assim, que o concreto corra nos cantos em torno das ferragens e se comprima à parede da forma.

Como o concreto flui melhor com vibração, a mistura poderá conter menos água, ocasionando desta maneira uma maior resistência ao produto acabado. O concreto só estará plenamente consolidado após a conclusão das duas etapas da vibração.

“Os componentes do concreto no estado fresco estão sujeitos à separação durante o transporte, lançamento e adensamento. Esta separação é chamada segregação e tem efeitos bem conhecidos nas construções” (RIBEIRO, 2006).

Tem-se como causa primaria da segregação do concreto as diferenças de tamanho e massa específica entre as partículas. Pela areia possuir grãos menores e mais leves que o agregado graúdo, a pasta composta de água e cimento é mais leve e mais fina que a mesma. Pode-se perceber visivelmente quando o concreto é vibrado excessivamente ou até mesmo quando sua dosagem não é adequada, através da brita, pois a mesma tende a descer para o fundo da forma, criando uma camada pouco resistente, fazendo o concreto ficar sujeito à fissuração e ao desgaste.

Devem-se preencher os agregados adequadamente, pois, quanto melhor o preenchimento entre os agregados menor o volume de vazios, deste modo, mais difícil para os grãos se separarem (RIBEIRO, 2006).



Figura 8 - Concreto mal vibrado. Fonte: site www.vidacivil.blogspot.com.br

3.5.4. Desgaste Superficial do Concreto

O desgaste das superfícies dos elementos de concreto pode ocorrer, principalmente em pilares e vigas, devido ao atrito, à abrasão e à erosão.

A ação abrasiva pode ser causada devido à atuação de diversos atuantes, tendo como os mais comuns o ar e a água, que contém partículas que provocam a abrasão. Quando as partículas estão carregadas pela água e pelo ar, ambos em movimento ocasionam a erosão, cujas características e intensidade dependerá da forma, quantidade, tamanho e dureza das partículas em suspensão, bem como a velocidade de movimentação da água ou do ar, ou mesmo da qualidade do concreto utilizado na estrutura.

Pode-se ter ainda outro tipo de desgaste ocorridos em estruturas de concreto, este é o fenômeno da cavitação. O processo de cavitação consiste, basicamente, na formação de pequenas cavidades, oriundas da ação de águas correntes, que tem por resultado, vazios que se formam e desaparecem quando a água está se movimentando rapidamente (SOUZA & RIPPER, 1998).

Podem-se classificar as causas físicas da degradação do concreto em duas categorias: tendo como primeira, o desgaste superficial, devido à abrasão, erosão e cavitação; e como segunda a fissuração, ocasionadas devido a fatores internos e externos a massa de concreto, como pressões de cristalização de sais nos poros, e índices normais de temperatura e umidade.

Da mesma forma, classificam-se as causas químicas da deterioração do concreto em hidrólise causada por água, trocas iônicas entre líquidos agressivos e a pasta de cimento, além de reações geradoras de produtos expansíveis, como a reação de expansão por sulfatos, a reação álcali-agregado e reações de corrosão das armaduras (MEHTA E MONTEIRO, 2008).



Figura 9 - Desgaste Superficial do Concreto. Fonte: site <http://www.diarioonline.com.br>

4. RECUPERAÇÃO DAS PATOLOGIAS

4.2. TRATAMENTO DA CORROSÃO

Segundo a Norma 084/2006 do Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, “o tratamento da corrosão envolve uma série de atividades distintas, cada uma com restrições particulares no que se refere ao manejo ambiental”.

Ainda que a estrutura de concreto seja projetada e construída dentro dos critérios de durabilidade e qualidade exigidos nas normas, existirão ainda, ambientes suficientemente agressivos que acabam atacando a armadura do concreto. Em casos como este, se faz necessário a utilização de métodos complementares para a proteção da armadura.

Entretanto, para que se obtenha de fato um controle efetivo, tem-se como pré-requisito, conhecer os mecanismos das reações envolvidas no processo corrosivo. O próprio mecanismo de corrosão pode propor algumas maneiras de se combater à corrosão.

Somente o estudo conjunto das variáveis consideradas dependentes do material metálico, da utilização e do meio corrosivo, encontradas no processo corrosivo, possibilitará a indicação do melhor material.

Dentre os métodos de prevenção e recuperação da corrosão, destacam-se, devido ao seu frequente uso a Proteção Química, Galvanização e Pinturas Epóxis (GENTIL, 2003).

4.2.1. Proteção Química

Para se impedir ou enfraquecer a corrosão das armaduras usa-se um inibidor de corrosão, o qual não deve afetar negativamente as propriedades do concreto, sendo este um composto químico que deve ser introduzido no concreto em quantidades reduzidas (MONTEIRO, 2005).

Para que a utilização de inibidores tenha bons resultados é preciso considerar quatro fatores: a causa da corrosão (para identificar se o problema pode ser solucionado com a utilização de inibidores); o custo da sua utilização (para verificar se o custo ultrapassa o das perdas causadas pela corrosão); as propriedades e mecanismo dos inibidores (para verificar a compatibilidade); e as condições adequadas de adição e controle (para garantir a correta utilização) (GENTIL, 2003).

Divide-se então, os inibidores de corrosão em: anódicos, catódicos, e de adsorção.

Os inibidores anódicos, geram um grande deslocamento anódico do potencial de corrosão, isto faz com que a superfície do metal fique na faixa considerada de passivação. Existem dois tipos de inibidores anódicos: ânions oxidantes como cromato, nitrato e nitrito, que podem passivar o aço na ausência de oxigênio e os íons mono-oxidantes como fosfato, tungstato e molibdato que necessitam de oxigênio para passivar o aço. Nas indústrias em geral, esses são os inibidores mais efetivos e mais utilizados (ROBERGE, 2000).

Os inibidores catódicos agem contendo a reações catódicas. “Eles fornecem íons metálicos que reagem com a alcalinidade catódica, produzindo compostos insolúveis que inibe a difusão do oxigênio e a condução de elétrons” (MONTEIRO, 2005). Tais inibidores são considerados mais seguros, pois no cátodo, assim como o metal, não entra em solução, não existindo o risco de concentrações equivocadas provocarem danos, como no caso dos inibidores anódicos (MONTEIRO, 2005).

Os inibidores de adsorção funcionam como películas de proteção. “Elas agem sobre as regiões anódicas e catódicas, interferindo com a ação eletroquímica. Neste grupo estão inseridas as substâncias orgânicas que formam a película por adsorção” (GENTIL, 2005)..

A eficiência dos inibidores por adsorção depende exclusivamente da espessura da película formada, quanto mais espessa, mais eficiente. Devido à elevada pressão de vapor, temperatura e pressão ambiente, estes inibidores tem a capacidade de difundir-se no concreto endurecido (GONÇALVES, 2003).

Segundo Souza & Ripper (2009), há a formação da película passivante que abrange toda a superfície das barras de aço imersas no concreto e que “esta película é formada como resultado do impedimento da dissolução do ferro pela elevada alcalinidade da solução aquosa existente no concreto”.

Contudo, a presença de uma solução aquosa resultante do mau adensamento do concreto, proporcionando um ambiente favorável para o processo de corrosão, que tenderá a destruir a película passivante e posteriormente as ferragens da armadura. (SOUZA & RIPPER, 2009).

4.2.2. Galvanização

A galvanização é o processo que reveste um metal por outro com o intuito de protegê-lo contra a corrosão ou mesmo melhorar sua aparência. Trata-se de um processo de revestimento de superfícies realizado por meio da eletrólise onde o metal a ser revestido funciona como cátodo e o metal que irá revestir a peça funcionam como o ânodo. “A solução eletrolítica deve conter um sal composto por cátions do metal que se deseja revestir a peça” (FARIA, 2011).

Outro meio para se conseguir o revestimento das superfícies metálicas é o meio da imersão do metal que se quer revestir no metal fundido que irá revesti-lo. Entretanto, o processo eletrolítico permite uma cobertura mais homogênea e mais bonita, embora ambas sejam igualmente utilizadas. No processo de imersão, controla-se a espessura do revestimento de acordo com a velocidade com que a peça passa pelo banho metálico, a temperatura do forno do metal de revestimento, e ao final do processo a aplicação de um jato de nitrogênio.

Para o ferro, a proteção contra corrosão é feita pela destituição de zinco metálico. O zinco possui a propriedade de oxidar mais rápido que o ferro. Ou seja, “se em uma placa de ferro galvanizado ocorrer uma rachadura ou deslocamento, deixando o ferro exposto, o zinco irá oxidar mais rápido que o ferro”. Então, enquanto houver zinco, o ferro não oxidará (FARIA, 2011).

Segundo Gonçalves (2003), à utilização ao aço galvanizado se dá pelo fato de que discontinuidades da armadura, com partes galvanizadas e não galvanizadas, e possíveis danos ao revestimento, são suficientes para criar uma diferença de potencial e conseqüentemente uma pilha eletroquímica. Este impacto é minimizado pelo fato do zinco funcionar como anôdo de sacrifício, ou seja, corroer

no lugar do aço, no entanto, ao corroer o zinco pode expor mais regiões do aço e continuar o processo.

4.2.3. Pinturas Epóxi

“Os revestimentos epóxi quando aplicados na armadura funcionam como barreira física” (GENTIL, 2003). A resina epóxi é um dos mais importantes meios para o combate à corrosão. Ela possui boas propriedades de aderência e resistência química, alta resistência à abrasão e ao impacto (GENTIL, 2003).

“A grande limitação da armadura protegida por epóxi ocorre quando existem danos à película. Estes podem levar ao surgimento de macrocélulas de corrosão” (GONÇALVES, 2003). Existe como agravante o fato de não ser possível aplicar tratamentos eletroquímicos em armaduras revestidas com epóxi, dificultando significadamente o tratamento desta corrosão.

As armaduras revestidas com epóxi podem ser utilizadas junto com armaduras convencionais, a utilização das camadas mais expostas de barras revestidas, e as mais internas de armaduras comuns (GONÇALVES, 2003).

4.3. TRATAMENTO DE FISSURAS

Para se tratar uma fissura, deve-se levar em consideração a sua origem, pois só assim pode-se obter um tratamento adequado para a mesma. Encontram-se a seguir as origens mais comuns das fissuras e seu tratamento.

4.3.1. Fissuras Inativas

“O reparo de fissuras inativas geralmente implica na restauração da monoliticidade do concreto” (PIANCASTELLI, 2008). Consistindo, então, na aplicação de adesivos capazes de realizar a aderência entre os concretos e suas duas faces.

A aplicação dos adesivos pode ser feita por gravidade ou por injeção sob pressão (PIANCASTELLI, 2008).

4.3.1.1. Fissuras Capilares (menores que 0,3mm)

Pode-se ressaltar que as fissuras com abertura igual ou menor do que 0,1 mm, teoricamente, não precisam ser tratadas, pois não significam risco à durabilidade do concreto ou das armaduras. Acontece o mesmo com as fissuras que apresentam abertura menor ou igual a 0,2 mm, desde que o elemento estrutural não esteja em meio extremamente agressivo (PIANCASTELLI, 2008).

Quando se dá a necessidade do tratamento, o mesmo pode ser executado utilizando-se produtos que reajam com os subprodutos de hidratação do cimento.

Em sua reação, são formados cristais insolúveis que preenchem o vazio criado pela fissura. Na aplicação deve-se adotar a seguinte sequência de procedimentos: Promover a limpeza, a retirada da nata superficial de cimento, e a abertura dos poros do concreto, através de lixamento de faixa que se estenda 5 cm para cada lado da fissura;

Deve-se então saturar o concreto da região a ser tratada através de aspersão d'água, devendo, a superfície apresentar-se isenta de empoçamentos; sombrear a área a ser tratada e aplicar o material de reparo com trincha; Após a secagem inicial do produto de reparo, executar cura úmida, durante 5 dias, através de “spray” d'água aplicado com intervalo de 4 a 6 horas

Após o período de cura, manter a região tratada umedecida, por mais 15 dias; e após a secagem superficial, lixar a área tratada, e, se necessário, aplicar pintura ou revestimento estético (PIANCASTELLI, 2008).

4.3.1.2. Fissuras de Pequena Abertura (0,3 a 1,0mm)

Usualmente essas fissuras são reparadas por meio da injeção de resinas epoxídicas de grande fluidez.

As fissuras com abertura superior a 0,1 mm devem ser injetadas, procedimento que é sempre realizado sob baixa pressão. Entende-se por injeção, a técnica a qual se garante o perfeito preenchimento do espaço formado entre as bordas de uma fenda, independente de se estar injetando para restaurar o monolitismo (sistema de construção com grandes pedras) de fendas passivas (casos em que se usam materiais rígidos, como epóxi – plástico que se endurece quando misturado a um agente endurecedor - ou grouts – argamassa composta por areia, quartzo, água e aditivos), ou para a vedação de fendas ativas (são situações mais raras, em que são injetadas resinas acrílicas ou poliuretânicas).

Por serem produtos não retrateis, de baixa viscosidade, altas capacidades resistente e aderente e bom comportamento em presença de agentes agressivos, além de enrijecerem muito rapidamente e de manterem suas características básicas mesmo quando carregadas com "fillers", as resinas epóxi são as preferidas na grande maioria dos casos com que se pretende injetar em fissuras inativas (SOUZA & RIPPER, 1998).

Segundo Piancastelli (2008), o reparo deve ser executado através da seguinte maneira: Primeiramente deve-se abrir externamente a fissura, dando-lhe a forma de V; logo após deve-se executar, com broca de vídea, furos com diâmetro de 12,5 mm espaçados de 5 a 30cm (função da abertura da fissura) e com 3 cm de profundidade.

Deve-se então retirar o pó através de ar comprimido e escova de pelo; se indispensável, executar lavagem com jato d'água; tendo o substrato completamente

seco, devem-se colar mangueiras plásticas transparentes com resina epóxi tixotrópica, bem como calafetar toda a fissura com o mesmo produto;

Feito isto, tem-se que verificar a intercomunicação entre os furos com ar comprimido; após, 8 horas, no mínimo, da calafetagem da fissura, preparar a resina de injeção, de maneira a não ocorrer incorporação de ar e nem aquecimento da mistura por agitação excessiva. Aplicá-la, imediatamente, iniciando pela mangueira inferior (primeira mangueira).

Quando a resina começar a verter pela segunda mangueira, obstruir a primeira e continuar a injeção pela segunda. Continuar assim até o preenchimento total da fissura; e após 24 horas, retirar as mangueiras plásticas por corte e broqueamento, obturar os orifícios com o adesivo epóxi, e dar acabamento por lixamento.

4.3.1.3. Fissuras de Grande Abertura (acima de 1,0mm)

Para se tratar fissuras de grande abertura, se usa material de reparo por gravidade. Tendo como base a abertura mínima da fissura e sua posição em relação à estrutura, faz-se a escolha do material. São, usualmente, utilizados resina de base epóxi de elevada fluidez, pura ou misturada com areia sintética de grande finura. Tal mistura serve para garantir a redução de custos e prevenção de problemas de expansão e retração térmicas, sendo que a relação areia/resina é definida em função da abertura da fissura; resinas epoxídicas de média fluidez; argamassas, aditivadas com agentes compensadores de retração; e argamassas “grout” de base mineral ou epoxídica (PIANCASTELLI, 2008).

4.3.2. Fissuras Ativas

Deve-se tratar as fissuras ativas como sendo juntas de dilatação, de modo a impossibilitar a infiltração de materiais que venham a impedir sua livre

movimentação, ou que sejam malévolos ao concreto, as juntas devem ser vedadas com mastiques ou outros materiais elásticos (PIANCASTELLI, 2008).

4.3.2.1. Grampeamento

Pode vir a ser imprescindível a instalação de uma armadura adicional, para que a mesma possa resistir ao esforço de tração extra, provocado pela fendilhação (pequenas fendas). Tal necessidade ocorre nos casos de fissuras ativas e em que o desenvolvimento das mesmas acontece segundo linhas isoladas e por deficiências localizadas de capacidade resistente. Devido seu aspecto e seu propósito, estas armaduras são chamadas grampos, chama-se este processo de processo de costura das fendas.

Para aliviar estes efeitos, em qualquer situação, os grampos devem ser arrançados de forma a não introduzirem esforços em linha, devem ser diversamente inclinados em relação ao eixo da fissura e ter o comprimento variável, este processo é semelhante ao que é feito no caso de emendas de barra de aço embutida no concreto (SOUZA & RIPPER, 1998).

As etapas de execução da técnica de costura de fissuras são: Sempre que possível descarregamento da estrutura, pois, o processo em questão não deixa de ser um reforço; execução de apoios na superfície do concreto, para instalação das barras de costura, incluindo para ancoragem mecânica, a efetivação de furação no concreto para amarração das extremidades dos grampos, sendo estes buracos devidamente cheios com adesivo apropriado.

Se a opção for à injeção da fenda com resinas epoxídicas ou cimentícias, faz-se a selagem a um nível inferior ao do berço executado. O grampeamento deve ser sempre, posterior à injeção; instalação dos grampos e complementação dos berços executados com o mesmo adesivo utilizado para a selagem; e por fim as fendas devem ser costuradas nos dois lados da peça, se estiver lidando com peças tracionadas (SOUZA & RIPPER, 1998).

4.3.2.2. Mastiques de Poliuretano

Para garantir a estanqueidade das juntas ou evitar a entrada de água através de uma trinca ou fissura, ou mesmo executar um acabamento, utilizam-se os mastiques. Existem no mercado praticamente dois tipos de mastiques de poliuretano: os aromáticos e os alifáticos.

Nos mastiques aromáticos ocorre à dissipação dos solventes durante a secagem, implicando no aparecimento de micro-poros em seu interior. Nos mastiques alifáticos não existem solventes, portanto não ocorre a formação de micro-poros por evaporação.

Essa sutil diferença é de essencial importância nos casos de o mastique trabalhar com grandes deformações, uma vez que os micro-poros internos, além de provocarem a redução da seção transversal do mastique, funcionam como “anomalias geométricas” propiciando o início precoce do processo de ruptura.

O reparo deve ser executado dentro dos seguintes procedimentos: Definir a junta através de disco de corte ou desbaste; proceder à limpeza (jato de ar comprimido e escovação) e à secagem do substrato; Instalação de um isolante de aderência (isopor, espuma, etc) no fundo da junta; aplicar, se necessário, o primer no concreto das laterais da junta; isolar as bordas externas da junta com fita crepe para facilitar a limpeza; e aplicar o mastique, nivelar com espátula umedecida em água com sabão e, retirar as fitas crepe (PIANCASTELLI, 2008).

4.3.2.3. Manta de Elastômero Colada com Epóxi

A manta de elastômero ou manta sintética constitui um sistema não armado, ao qual a manta é aplicada. Tal manta necessita de uma proteção mecânica, sendo de extrema importância que haja uma camada entre a manta e a proteção mecânica (PIANCASTELLI, 2008).

O reparo deve ser executado da seguinte maneira: Primeiramente deve-se lixar e limpar toda a superfície do concreto, a qual pode estar úmida, mas não

saturada; em seguida retirar o plástico transparente da face inferior da manta e limpá-la com Ativador Combiflex (aguardar no mínimo 30 minutos e no máximo 8 horas); feito isto se deve preparar e aplicar o adesivo epóxi (camada com espessura de 1 a 2 mm) dos dois lados da fissura, numa faixa de 5 a 6 cm.

Em fissuras estreitas deixar uma faixa central sem adesivo de, no mínimo, 2 cm; logo após fixar a manta sobre o adesivo, e recobrir suas bordas com uma camada de espessura decrescente de adesivo; em seguida retirar a tira vermelha de polipropileno que recobre a faixa central do elastômero; e por fim esperar a cura do adesivo epóxi, antes de solicitar a junta (PIANCASTELLI, 2008).

4.4. TRATAMENTO DO CONCRETO SEGREGADO OU MAL VIBRADO

Para as segregações do concreto dispomos de diversos tipos de soluções, considerando que o preparo inicial deverá ser mantido em todas as opções de produtos existentes no mercado conforme as características de cada obra. Para isto o reparo deve ser executado da seguinte maneira: Primeiramente deve-se fazer a remoção de todo material sólido até chegar ao concreto; e logo após devem-se tomar todas as providencias quanto à limpeza da região, onde foi executado o serviço de rompimento e remoção do concreto segregado.

Existem diversos tipos de sistemas e produtos que poderão solucionar o problema, estes são: Reestruturação das áreas com argamassa cimento/areia, colada com epóxi; reestruturação das áreas com argamassa sintética (epóxi + areia ou quartzo granulado); reestruturação das áreas com concreto colado com epóxi auxiliado por fôrmas de madeiras ou metálicas; reestruturação com resina epóxi pastosa (epóxi + cargas); reestruturação com concreto projetado; reestruturação com argamassa tipo *Dry Pack* de fechamento, e injeção de calda de cimento para preenchimento de vazios internos (PIMENTEL & TEIXEIRA, 1978).

4.5. TRATAMENTO DOS DESGASTES SUPERFICIAIS DO CONCRETO

Para que haja uma redução na formação de uma superfície considerada fraca, deve-se desprezar o acabamento da mesma até que o concreto tenha perdido a água de exsudação superficial, ou seja, até que o concreto migre a sua água superficial. Devido ao baixo índice da relação água-cimento, as camadas superficiais de concreto, contendo aditivos (látex ou superplastificantes), tem se tornado cada vez mais utilizadas para resistência à abrasão ou erosão. Da mesma maneira, quando se usa minerais como aditivos, pode-se ter uma redução significativa na porosidade do concreto depois de sua cura úmida, o que minimiza o seu processo de exsudação.

Tanto a resistência à deterioração por infiltração quanto à redução do desgaste devido ao atrito podem ser consertados pela aplicação de produtos endurecedores de superfície. Os produtos comumente utilizados são à base de fluossilicato de zinco ou magnésio e de silicato de sódio ou potássio, que reagem com o hidróxido de cálcio, presente na pasta de cimento, formando compostos insolúveis, os quais selam os poros capilares e aumentam a resistência do concreto aos ácidos.

Ao se usar o fluossilicato de magnésio, ocorre um aumento substancial da resistência. Pode-se evitar o desgaste superficial através do processamento a vácuo, pois esta intervenção é absolutamente livre de falhas e possui em sua primeira camada superior, uma enorme resistência a abrasão. Assim sendo este concreto é enrijecido de tal maneira que as formas podem ser retiradas, mesmo em estruturas com grandes alturas, após 30 minutos de lançamento do concreto.

Não se pode dizer ao certo qual o grau de proteção do processo acima descrito, pois o tipo de tratamento é variável de acordo com a situação. No entanto, em qualquer situação, é essencial que o revestimento obtido através do procedimento, encontre-se bem aderente ao concreto e não sofra danos por ações mecânicas, fazendo com que seja necessário um acesso para inspeção e renovação do revestimento (NEVILLE, 1982).

5. CONCLUSÃO

O diagnóstico da situação é fundamental para o entendimento dos relacionados às múltiplas relações de causa e efeito que comumente caracterizam um problema patológico. Este diagnóstico tem por objetivo entender como e porque do surgimento da patologia, através dos dados conhecidos.

Por meio deste diagnóstico identificam-se as origens, as causas precisas, e os mecanismos de ocorrência do problema. Uma vez conhecida e entendida a situação, o Engenheiro está preparado para definir o tratamento a ser seguido. Nesta fase, deve-se fazer inicialmente um levantamento das alternativas de uma futura evolução dos fenômenos. Após se estabelecer uma previsão dos danos, deve-se definir por um dos meios estudados, levando sempre em consideração o custo/benefício de cada uma delas.

Posteriormente a vistoria, estudo e diagnóstico das manifestações patológicas, deve se fazer a escolha do procedimento de correção, levando em consideração alguns fatores essenciais como, a eficiência da intervenção, segurança, materiais, equipamentos, custo e condições da obra, temperatura, prazos e agressividade do ambiente durante e após a correção.

Vale a pena ressaltar que pode existir mais de uma solução e procedimento de correção para cada tipo de problema.

Não se pode deixar de lembrar a importância dos trabalhos de recuperação e reforço de estruturas, os quais devem ser feitos com todo o cuidado, utilizando equipamentos específicos e mão de obra especializada, estando este sob uma fiscalização eficiente e possuindo um controle da qualidade dos materiais e de todas as atividades envolvidas, para que se possa chegar a um resultado satisfatório.

Para Souza & Ripper (1998) “o trabalho de recuperação não é um trabalho agradável de ser feito, mas é essencial e requer muito cuidado”. Tal afirmação tem se tornado cada vez mais adequada e precisa ser estendida a todos os trabalhos de inspeção e manutenção preventiva, pois assim podem retardar ou mesmo evitar os trabalhos de recuperação ou de reforço das estruturas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÃO, Francisco X. & HEMERLY, Adriando C. **Concreto Armado: Cálculo Prático e Econômico**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Interciência, 2010.

ALVA, DEBS & GIONGO, Gerson M.S. Ana L.H.C. El, José S.. **Concreto armado: projeto de pilares de acordo com a NBR 6118:2003**. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, São Paulo. 2008.

ALVA, DEBS & GIONGO, Gerson M.S. Ana L.H.C. El, José S.. **Projeto Estrutural de Sapatas**. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, São Paulo. 2007.

ASSIS, W.S. & BITTENCOURT, T.N.. 2003. **LMC - Departamento de Engenharia de Estruturas e Fundações**. Disponível em: <<http://www.lmc.ep.usp.br/pesquisas/TecEdu/flash/Lajes-tipos.html>> Acessado em 04 de outubro de 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6122*: Projeto e Execução de Fundações. Rio de Janeiro, 1996.

AZEVEDO, Minos Trocoli de. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Apis Gráfica e Editora, 2008.

BASTOS, Paulo S. dos Santos. **Fundamentos do Concreto Armado**. Universidade Estadual Paulista. Bauru, São Paulo. 2006.

BASTOS, Paulo S. dos Santos. **Pilares de Concreto Armado**. Universidade Estadual Paulista. Bauru, São Paulo. 2005.

BASTOS, Paulo S. dos Santos. **Vigas e Lajes de Concreto Armado**. Universidade Estadual Paulista. Bauru, São Paulo. 2005.

BERTOLINI, Luca. **Materiais de Construção: Patologia, Reabilitação, Prevenção.** São Paulo: Oficina de Textos, 2010

BORGES, Marcos Leopoldo; SÁLES, José Jairo de. **Recuperação estrutural de edificações Históricas utilizando perfis formados a Frio.** São Carlos, 2007.

CÁNOVAS, M.F. **Patologia e Terapia do Concreto armado.** Trad. de M. Celeste Marcondes, Carlos Wagner Fernandes dos Santos e Beatriz Cannabrava. Editora Pini. São Paulo, 1988.

CONCER, SILVA, UAILA, CAVALCANTE & SILVA, Camila M, Daniela F., Khiusha K., Lis M., Talita M.H.. **Lajes: Definições, Aplicações e Técnicas Construtivas.** Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Santa Catarina. 2008.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. **NORMA DNIT 084/2006:** Tratamento da corrosão – Especificação de Serviço. Rio de Janeiro, 2006.

DUGATTO, Fernando Luis. **Corrosão de Armaduras em Concreto – Estudo de caso.** União Dinâmica de Faculdades Cataratas. Foz do Iguaçu, Paraná, 2006.

FERNANDES, R. M.. Recuperação Estrutural como Solução Estratégia para prédios antigos. 01 de fevereiro de 2012. **Artigonal – Diretório de Artigos Gratuitos.** Disponível em: <<http://www.artigonal.com/ciencias-artigos/recuperacao-estrutural-como-solucao-estrategia-para-predios-antigos-5623149.html>> Acessado em 24 de outubro de 2012.

FUSCO, Péricles Brasiliense. **Estruturas de Concreto – Solicitações Tangenciais.** 1ª edição. São Paulo: Editora Pini, 2008.

GENTIL, Vicente. **Corrosão.** 4ª edição. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2003.

GONÇALVES, A.; ANDRADE, C.; CASTELLOTE, M. **Procedimientos de Reparación y Protección de Armaduras**. São Paulo, 2003.

HELENE, P.R.L. **Manual Prático para Reparo e Reforço de Estruturas de Concreto**. 1º Edição. Editora Pini. São Paulo, 1988.

FARIA, C.. 16 de fevereiro de 2011. **Info Escola**. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/quimica/galvanizacao/>> Acessado em 22 de outubro de 2012.

LAPA, José Silva. **Patologia, Recuperação E Reparo Das Estruturas De Concreto**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais. 2008.

MACGREGOR, J. G., **Reinforced Concrete Mechanics and Design**, Prentice hal, Inc. Upper Saddle River, New Jersey, 1997.

MONTEIRO, E.B. **Reabilitação de Estruturas de Concreto**. 2ª edição. São Paulo: IBRACON, 2005.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. 3ª edição. São Paulo: IBRACON, 2008.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. São Paulo: Pini, 1982.

PIANCASTELLI, Élvio Mosci. **Patologia e terapia das estruturas Intervenções de Reparo (restaurações)**. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais. 2008.

PIMENTEL, Celso C.D., & TEIXEIRA, Livio. **Colóquio sobre “Patologia do Concreto e Recuperação das Estruturas” – Injeções de Resina em Estruturas de Concreto**. São Paulo: IBRACON, 1978.

PINHEIRO, Líbano M. & GIONGO, J. S. **Concreto armado: propriedade dos materiais**. Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, São Paulo. 1986.

PINHEIRO, MUZARDO, SANTOS, CATOIA & CATOIA, Líbano M, Cassiane D., Sandro P., Thiago & Bruna. **Estruturas de Concreto**. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, São Paulo. 2010.

PINHEIRO, MUZARDO, SANTOS, CATOIA & CATOIA, Líbano M, Cassiane D., Sandro P., Thiago & Bruna. **Lajes Maciças**. Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos, São Paulo. 2003.

Recuperação e Reforço Estrutural. Disponível em: <<http://www.engegraut.com.br/recuperacaoereforco.htm>> Acessado em 19 de setembro de 2012.

REFORÇO de estruturas de concreto armado com tecidos pré-impregnados de fibra de carbono. **Revista Techne**. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/84/artigo32694-1.asp>> Acessado em 24 de setembro de 2012.

Revista Construção Mercado. Disponível em: <<http://revista.construcaomercado.com.br/guia/habitacao-financiamento-imobiliario/107/artigo175040-1.asp>> Acessado em 21 de outubro de 2012.

Revista Techne. Disponível em: <http://www.revistatechne.com.br/techne/sumarios/sumario_1355.asp> Acessado em 19 de setembro de 2012.

RIBEIRO, Rosimeri. **Coesão e Trabalhabilidade**. 01/07/2006. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/coesao-e-trabalhabilidade/>> Acessado em: 22 de outubro de 2012.

ROBERGE, Pierre R., **Handbook od Corrosion Engineering**. MacGraw Ed., New York, 1999.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de & RIPPER, Thomaz. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto**. 1ª edição. São Paulo: Editora Pini, 1998.

SOUZA JR., Tarley Ferreira de. **Estruturas de Concreto Armado – Notas de Aula**. Universidade Federal de Lavras. Lavras, Minas Gerais.

STELZER, Douglas, *et al.* **Patologias em Estruturas de Concreto Armado**. Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Aracruz. Aracruz, Espírito Santo, 2009.

THOMAZ, E. **Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação**. 1 ed. São Paulo: Pini, 1996.

VITÓRIO, Afonso. **Fundamentos da Patologia das Estruturas nas Perícias de Engenharia**. Instituto Pernambucano de Avaliações e Perícias de Engenharia. Recife, Pernambuco, 2003.