

PATOLOGIA NAS EDIFICAÇÕES
COM ÊNFASE EM ESTRUTURAS DE CONCRETO.

Autor: Rodrigo Leandro Pires.

Orientador: Prof. Adriano de Paula e Silva.

Agosto/2011

"PATOLOGIA NAS EDIFICAÇÕES
COM ÊNFASE EM ESTRUTURAS DE CONCRETO."

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil
da Escola de Engenharia UFMG.

Orientador: Prof. Adriano de Paula e Silva

Belo Horizonte.

Escola de Engenharia da UFMG.

2011

AGRADECIMENTOS:

A minha família, por ter me dado suporte e orientação durante toda minha formação, tanto pessoal como acadêmica, além de muito amor, compreensão e paciência a mim dedicados ao longo do curso. A minha esposa, Glaucia e ao meu filho, Marco, devo a pessoa que sou, pois são a base de tudo para mim.

RESUMO:

Neste trabalho, faz-se uma análise das patologias ocorridas em edifícios com base em relatórios técnicos e livros sobre o assunto, além de um estudo de caso, procurando verificar suas causas e estabelecer se suas supostas origens estão, ou na fase de projeto, ou na de execução ou na de utilização. Mas já se pode adiantar que entre as causas identificadas no presente trabalho, a má impermeabilização, o concreto permeável, a rigidez inadequada de elementos estruturais foram apontados como responsáveis pela elevada incidência de patologias. Todos esses fatores associados à falhas de execução, explicam os problemas precoces de infiltrações, trincas, fissuras e corrosão da armadura, patologias mais frequentemente relacionadas.

LISTA DE FIGURAS:

Fig.1 “Encunhamento com tijolo mássico a 45 °”	15
Fig.2 “Encunhamento com massa forte com expansor”	15
Fig. 3 “Encunhamento com cunhas de concreto”	16
Fig. 4 “Estrutura de concreto exposta a corrosão”	18
Fig. 5 “Esclerometro de Schmidt”	19
Fig. 6 “Pacômetro sendo usado na parede”	20
Fig. 7 “Ultra som para estruturas de concreto”	21
Fig. 8 “Capeamento dos corpos de prova (a esquerda) e rompimento do corpo de prova (a direita)”	22
Fig. 9 “ Amostra mostrando a profundidade de carbonatação do concreto”	23
Fig. 10 “Foto do prédio a ser analisado no estudo de caso”	25
Fig. 11 “ Fachada dos fundos com pontos de ferrugem aflorando da pintura”	26
Fig. 12 “Pilar com ponto de ferrugem devido à umidade”	27
Fig. 13 “Viga com infiltração”	27
Fig. 14 “Lajes com pontos de infiltração”	28

SUMÁRIO.

1. Introdução.....	7
2. Revisão bibliográfica.....	8
3. Patologia e suas principais causas.....	10
3.1 Anomalias geradas na fase de concepção do projeto.....	10
3.2 Anomalias geradas na fase de execução.....	11
3.3 Anomalias geradas na fase de uso.....	13
4. Principais anomalias na Construção Civil... ..	14
4.1 Tipos de trincas e fissuras.....	14
4.1.1 Trincas em alvenaria.....	14
4.1.2 Trincas causadas por deformações nas peças de concreto armado.....	15
4.1.3 Trincas causadas por retração de produtos a base de cimento.....	16
4.1.4 Movimentação de formas e escoramento.....	16
4.1.5 Corrosão nas armaduras.....	17
5. Ensaio usuais para testar as estruturas em concreto armado.....	19
5.1 Ensaio não destrutivos.....	19
5.1.1 Esclerômetro de Schmidt.....	19
5.1.2 Pacômetro.....	19
5.1.3 Ultra Som.....	20
5.2 Determinação da resistência à compressão do concreto.....	21
5.3 Determinação da profundidade da carbonatação.....	22
6. Estudo de Caso: Resultado e Discussões.....	24
6.1. Corrosão nas fachadas.....	25
6.2. Corrosão nos pilares.....	26
6.3. Corrosão das armaduras em vigas.....	27
6.4. Corrosão e infiltração nas lajes.....	28
6.5. Discussão dos resultados do estudo de casos.....	29
7. Conclusão.....	31
8. Referencia Bibliográfica.....	33

1. Introdução

A construção civil brasileira vem experimentando um aumento exponencial de uns anos para cá, em um verdadeiro “boom”. E ao lado dessa atividade prolífera, veio também o avanço tecnológico no campo técnico e no de materiais de construção. Porém, apesar dessas boas novas, têm-se observado um grande número de edificações relativamente jovens, apresentando diversos tipos de patologias, o que *prima facie* parece antagônico. Uma das principais causas das patologias correntes, é a deficiência de projetos, o uso inadequado de materiais, a falta de cuidados na execução e adaptações, tudo isso aliado também à falta de manutenção nas construções. E o resultado desses fatores, é a geração de despesas extras aos proprietários e condomínios, que após cinco anos têm que despender recursos financeiros em reparações que poderiam ser evitadas.

A atividade construção civil, pode se dizer que está calcada em um tripé, indissociável: segurança, funcionalidade e durabilidade. O seu conjunto é indispensável ao sucesso do empreendimento, uma vez que garantem a boa qualidade da obra. O não comprometimento de um desses aspectos, mesmo que parcialmente, implicará fatalmente no resultado final.

As pequenas imperfeições, os pequenos equívocos e desatenções podem estar na origem de grandes anomalias e prejuízos, que em princípio, passaram despercebidas pelos profissionais da construção civil, indevidamente. É será em função destes itens, o desenvolvimento do presente trabalho, onde abordaremos os tipos de anomalia, suas origens nas técnicas, nas matérias e nos controles desempenhados.

2. Revisão Bibliográfica

Por patologia na construção civil, se tem como o ramo da engenharia que estuda os sintomas, origens e causas das doenças ou defeitos que ocorrem no processo das edificações.

As patologias, com seus sintomas, estão presentes em grande parte das edificações, seja com maior ou menor intensidade, variando o período de início da aparição e/ou a forma de manifestação. Estes problemas podem se apresentar de forma simples, sendo assim, de diagnóstico e reparo evidentes ou então, de maneira complexa, exigindo uma análise individualizada. As formas patológicas encontradas com maior frequência são: infiltrações, fissuras, corrosão da armadura, movimentações térmicas, descolamentos, entre outros. Deve-se salientar a importância da detecção precoce de manifestações patológicas, tendo-se em vista que o quanto antes estas forem tratadas, menor será a perda de desempenho e mais barato será a terapia (Ripper 1998).

Logicamente, toda edificação possui um período de vida útil a que se destina. Muitas vezes, antes mesmo deste prazo ser alcançado, o nível de desempenho já se encontra abaixo do satisfatório devido, por exemplo, a falta de manutenção periódica. A manutenção não evitará que o estabelecimento alcance, um dia, o fim da sua durabilidade, mas sim, prorrogará a vida útil deste, buscando sempre a ausência de patologias. A responsabilidade pela manutenção de um estabelecimento está atribuída ao proprietário do mesmo, ou então, a alguma outra empresa ou profissional habilitado que o proprietário venha a delegar a função (Ripper 1998).

Quando nos deparamos com uma manifestação patológica, é preciso analisar o problema em questão, visto que este processo, muitas vezes, envolve um conjunto complexo de procedimentos, no qual ocorrem variações para cada caso. O problema está na falta de uma metodologia cientificamente reconhecida e aprovada para tal procedimento.

Uma estrutura para a análise de problemas patológicos chegou a ser desenvolvida por Joaquim (1996), que propôs uma estrutura, que consiste em uma seqüência de três etapas. A primeira fase consiste no levantamento de subsídios, fazendo parte desta, a

vistoria do local, ensaios complementares e pesquisa. Entendido o caso, parte-se então para a segunda etapa, que é a elaboração do diagnóstico, precedido de um prognóstico que indicará a viabilidade de se fazer intervenções. O último passo será o estudo das alternativas de intervenção, para posterior decisão da conduta a ser seguida. Depois de analisados e solucionados, é importante que os casos sejam registrados para servirem de futura fonte de consulta, como na forma de um manual ou compêndio. Desta forma, poder-se-ia tomar medidas profiláticas para tais falhas e assim, não se tornando necessária a assunção de gastos financeiros e de tempo, bem incômodos com terapias corretivas.

É imprescindível que o usuário receba um manual de operação para que o mesmo o tenha como fonte consultiva, quando do surgimento de dúvidas quanto ao tipo adequado de uso à qual a edificação se propõe com segurança, assim como para indicar procedimentos corretos de manutenção e operação.

A manutenção se torna ainda mais importante em marquises, pelo fato de constituírem-se elementos isostáticos e em balanço. A falta de manutenção nestas estruturas pode gerar o colapso das mesmas, devido, principalmente, à obstrução do sistema de drenagem e a degradação da camada impermeabilizante, os quais acabam por desencadear diversas patologias gravíssimas. A ausência de um manual de manutenção também pode ser a causa inicial de patologias em marquises, pois os usuários acabam por fazer uso indevido da estrutura, depositando materiais, pendurando letreiros pesados, e aparelhos condicionadores de ar, gerando uma sobrecarga não prevista em projeto.

Segundo Bernardes (1998) um controle de qualidade rigoroso deve ser realizado tanto no projeto, como nos materiais utilizados, na execução e durante o uso de uma marquise, pois a grande maioria das patologias têm origem relacionada com alguma falha na realização de uma ou mais etapas do processo da construção civil.

3. Patologia e suas principais causas.

Patologia é a ciência da Engenharia que estuda sintomas, mecanismos, causas e origens dos defeitos da construção civil e através deles compor o diagnóstico dos problemas gerados.

Das estruturas de concreto, esperamos uma completa adequação às finalidades à que se destinam, sempre levando em conta o trinômio: durabilidade, segurança e funcionalidade.

Os problemas patológicos têm origem em falhas que ocorrem de duas ou mais atividades correspondentes, dentro da construção civil. Eles podem ocorrer em três etapas durante a obra: Projeto, Execução e Uso.

Para a etapa de Projeto será de suma importância um projeto bem desenvolvido que garanta o cumprimento dos prazos e custos de orçamento. Para a etapa de Execução o empreendimento precisa ser construído garantindo o entendimento ao projeto. Para a etapa de Uso é necessário conferir a satisfação do cliente com a possibilidade de extensão da vida útil da obra e de saber manter e obedecer à recomendação de utilização.

3.1 Anomalias geradas na fase de concepção do projeto.

A deficiência no projeto pode acontecer de diversas formas:

- CONCEPÇÃO OU MODELAÇÃO DOS PROJETOS INADEQUADA.
- MÁ DEFINIÇÃO DAS CARGAS ATUANTES.
- MÉTODO DE CÁLCULO INADEQUADO.
- AVALIAÇÃO INADEQUADA DA RESISTÊNCIA DO SOLO.
- ESPECIFICAÇÃO INADEQUADA.
- DIMENSIONAMENTO INCORRETO.
- DETALHAMENTO INSUFICIENTE OU INCORRETO.

- PROJETO DE IMPERMEABILIZAÇÃO, ISOLAMENTO TÉRMICO OU DRENAGEM DEFICIENTES.
- FALTA DE COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE PROJETOS.

Suas origens estão no estudo preliminar, na execução do anteprojeto ou na elaboração do projeto executivo. Normalmente das dificuldades técnicas e o custo para solucionar um problema patológico, oriundo de uma falha de projeto estão relacionados à agilidade com que essa falha é detectada. Quanto mais cedo uma patologia for descoberta, mais simples e barata ela será, principalmente se for descoberta nesta etapa.

3.2 Anomalias geradas na fase de execução

Após a finalização dos projetos, normalmente inicia-se a etapa de construção, cuja primeira fase é o planejamento da obra, em que devem ser tomados os cuidados necessários para o bom andamento dos serviços, tais como:

- Fazer a logística do canteiro para melhor alocar a mão de obra, alojamentos, equipamentos e materiais
- Realizar compras e aluguéis de materiais e equipamentos

Algo comum e de grande seriedade, que ocorre na construção, é a adaptação e ou alteração do projeto que pode ser feita sem consultar os profissionais responsáveis pela sua elaboração. Isso geralmente ocorre sob a justificativa de serem necessárias certas simplificações construtivas, ou mesmo econômicas.

Uma vez iniciado o processo de construção, as falhas podem ocorrer de modos mais diversos, tais como:

- ERROS DE LOCAÇÃO, ALINHAMENTO, PRUMO OU DE DIMENSÕES DA ESTRUTURA .
- INADEQUAÇÃO DE FORMAS E ESCORAMENTOS.
- ERROS NA RETIRADA DOS ESCORAMENTOS.
- INTERPRETAÇÃO ERRADA DOS DESENHOS.
- ERROS DE EXECUÇÃO.

- MATERIAIS INADEQUADOS.
- CONTROLE DA QUALIDADE DEFICIENTE OU INEXISTENTE .
- DESENHOS CONFUSOS E INTERPRETAÇÃO EQUIVOCADA NA EXECUÇÃO.
- POSICIONAMENTO INCORRETO DA ARMAÇÃO.
- DESLOCAMENTO DAS ARMADURAS NA CONCRETAGEM.
- CONCENTRAÇÃO EXCESSIVA DE ARMADURAS.
- SUBSTITUIÇÃO DE ARMADURAS SEM LEVAR EM CONTA A FISSURAÇÃO.
- CORROSÃO.
- LANÇAMENTO DO CONCRETO INADEGUADO.
- CURA DO CONCRETO MAL FEITA.

Segundo Joaquim (1996), quando se trata de obra de edificação habitacional, alguns erros são grosseiros e saltam a vista. Dentre eles podemos citar: falta de prumo, de esquadro e de alinhamento de partes estruturais e alvenaria, desnivelamento de piso, falta de caimento correto em pisos, assentamento excessivamente espesso de revestimentos cerâmicos e flechas excessivas em lajes.

A ocorrência de problemas patológicos na fase de execução é devida basicamente ao processo de produção, que reflete os problemas socioeconômicos; estes, por sua vez, provocam baixa qualidade técnica dos trabalhadores menos qualificados.

Sabe-se que, quanto maior a motivação dos trabalhadores de uma obra, maior será sua absorção de conhecimento, conseqüentemente, maior será a chance de resultar em um produto de boa qualidade.

3.3 Anomalias geradas na fase de uso.

Ao fim das fases de Projeto e Execução, mesmo que estas tenham sido feitas com cuidado, uma estrutura ainda não está livre de apresentar problemas, porque na fase de utilização do edifício, pode haver negligência com relação a manutenção periódica.

Uma estrutura deve receber cuidados de manutenção periódica, principalmente nas partes onde é mais utilizada ou suscetível de desgaste, tais como:

- Fachadas.
- Prumadas de hidráulica.
- Impermeabilização de pisos e piscinas.
- Coberturas.

O cliente, maior interessado em que a estrutura tenha um bom desempenho, poderá vir a ser, por ignorância ou por desleixo, o agente gerador de deterioração estrutural, como por exemplo:

- DEMOLIÇÕES DE PEÇAS ESTRUTURAIS.
- EXCESSO DE SOBRECARGA NAS LAJES.
- DEFICIÊNCIA NA CONSERVAÇÃO E MANUTENÇÃO.

4. Principais anomalias na Construção Civil.

Patologias, sérias, durante e após a construção de um empreendimento, podem ser fruto de quatro fatores: dos projetos, do concreto, dos materiais a ele aplicados ou por influencia externa, gerando trincas e fissuras

4.1 Tipos de trincas e fissuras.

As trincas com valores acima dos limites mostrados em norma e procedimentos, são a consequência de algum problema que se desenvolve em edificações. Essas podem se manifestar em diversas matérias e apresentar características particulares. A seguir veremos sua manifestação e causa nas principais matérias utilizadas em uma edificação, segundo Andrade (1997), em termos de durabilidade, esse tipo de trinca é das mais nocivas, pois ela facilita o acesso direto de agentes agressores as barras (influncia externa) proporcionando a corrosão e deterioração das estruturas.

4.1.1 Trincas em alvenaria.

A alvenaria tem bom comportamento quanto à compressão. Entretanto, quando solucionada por tração e cisalhamento, não apresenta as mesmas características, acarretando o aparecimento de trincas e fissuras. Isso pode ser resultado da movimentação da estrutura afetada pelos esforços externos existentes, como a ação do vento e ou acomodação da edificação (Thomaz 1998).

Outro fator importante a ser considerado é o fato de uma parede de alvenaria fazer parte de um conjunto de elementos, como blocos, tijolos, argamassas e o próprio concreto, logo alguns fatores precisam ser analisados durante a sua execução, para evitar futuras trincas, são elas:

- Geometria, rugosidade e porosidade da alvenaria.
- Índice de retração, poder de aderência e retenção de líquidos.
- Amarrações, cintamentos dos vãos de porta e janelas.

4.1.2 Trincas causadas por deformações nas peças de concreto armado.

Peças estruturais deformam-se com cargas permanentes e acidentais, também pelo tempo em função da deformação do concreto; porém, se as flechas estiverem dentro do limite da norma, tais cargas tendem a não ser repassadas para a alvenaria.

Com a evolução do concreto armado, principalmente devido à fabricação de aços com grande limite de resistência, cimentos de melhor qualidade e desenvolvimento de métodos de cálculo mais apurados, resultou-se em uma maior flexibilidade das estruturas de concreto e, conseqüentemente, maiores níveis de deformação.

Tais evoluções foram de grande importância para a construção, entretanto, resultaram em outros problemas, como o limite dos valores das flechas, gerando compressão de caixilhos das janelas e portas, “empoçamento” de água nas lajes, descolamento de revestimento e trincas em paredes de alvenaria

Muitas características podem contribuir para a formação de trincas, a partir das flechas. O principal responsável é o material constituinte das juntas entre alvenaria e a peça estrutural de concreto, conhecido como “encunhamento” ou aperto (Thomaz 1998).. Para um bom “encunhamento” da alvenaria, três processos são os mais utilizados: massa forte com expansor, cunhas de concreto ou utilizando tijolo maciço a 45°.

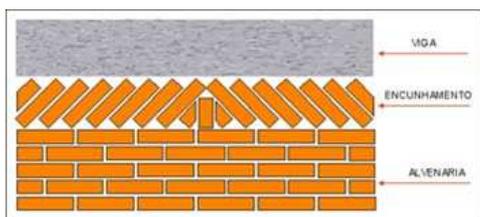


Fig.1 “Encunhamento com tijolo mássico a 45 °”.



Fig.2 “Encunhamento com massa forte com expansor”.

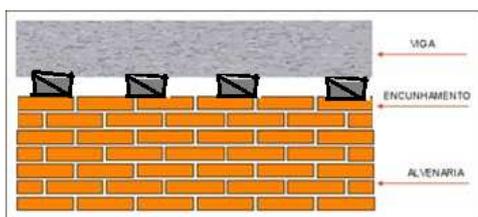


Fig. 3 “Encunhamento com cunhas de concreto”.

4.1.3 Trincas causadas por retração de produtos a base de cimento.

A adição de água ao cimento produz uma pasta bombeável que tem a propriedade de conservar uma plasticidade durante certo tempo, após o qual sofre um aumento brusco na sua viscosidade. A perda de plasticidade é denominada “pega” do cimento e ocorre em paralelo com um lento processo de endurecimento, responsável pelas propriedades mecânicas das pastas. O fim da pega pode ser determinado quando a aplicação de pequenas cargas deixa de provocar deformações na pasta, que se torna um bloco rígido. As reações de pega e endurecimento do cimento são bastante complexas, pelo fato de ser o cimento uma mistura heterogênea de vários compostos que se hidratam mais ou menos independentemente. O comportamento dos diferentes compostos frente à hidratação é responsável pelas propriedades aglomerantes do cimento. Durante a reação de hidratação e pega do cimento, o sistema sofre uma redução de volume, devido à densidade do material hidratado ser maior do que a inicial dos reagentes, e há liberação de calor que provoca. (Leal 2003)

Quando as argamassas são preparadas com água em excesso, acentuando a retração de secagem, podem surgir trincas.

Inúmeros fatos intervêm na retração de um produto a base de cimento; dentre eles: tipo e composição química do cimento, natureza e granulometria dos agregados e condições de secagem.

4.1.4 Movimentação de formas e escoramentos.

Essa movimentação pode resultar em deformações inadequadas da peça, ocasionando alterações em sua geometria e conseqüentemente da capacidade de resistência.

Tais deformações ocorrem por mal posicionamento das formas, fixação inadequada do escoramento e juntas ou fendas mal vedadas.

4.1.5 Corrosão nas armaduras.

Pode-se definir corrosão como a interação destrutiva de um material com o ambiente, seja por reação química, ou eletroquímica. Basicamente, são dois os processos principais de corrosão que podem sofrer as armaduras de aço para concreto armado: a oxidação e a corrosão propriamente dita.

Por oxidação entende-se o ataque provocado por uma reação gás-metal, com formação de uma película de óxido. Este tipo de corrosão é extremamente lento à temperatura ambiente e não provoca deterioração substancial das superfícies metálicas, salvo se existirem gases extremamente agressivos na atmosfera.

Este fenômeno ocorre, preponderantemente, durante a fabricação de fios e barras de aço. Ao sair do trem de laminação, com temperaturas da ordem de 900°C.

Por corrosão propriamente dita entende-se o ataque de natureza preponderantemente eletroquímica, que ocorre em meio aquoso. A corrosão acontece quando é formada uma película de eletrólito sobre a superfície dos fios ou barras de aço. Esta película é causada pela presença de umidade no concreto, salvo situações especiais e muito raras, tais como dentro de estufas ou sob ação de elevadas temperaturas (> 80°C) e em ambientes de baixa umidade relativa (U.R.< 50%). Este tipo de corrosão é também responsável pelo ataque que sofrem as armaduras antes de seu emprego, quando ainda armazenadas no canteiro. É o tipo de corrosão que o engenheiro civil deve conhecer e com a qual deve se preocupar. É melhor e mais simples preveni-la do que tentar saná-la depois de iniciado o processo (Souza 1998).



Fig. 4 “Estrutura de concreto exposta a corrosão”.

5. Ensaios usuais para testar as estruturas em concreto armado.

5.1 Ensaios não destrutivos

5.1.1 Esclerômetro de Schmidt.

O esclerômetro é um aparelho que permite obter *in situ*, de uma forma simples e não destrutiva, a resistência à compressão de elementos de concreto. Por se tratar de um ensaio de resistência superficial, os valores obtidos são apenas representativos de uma camada até 0,05m de profundidade. No entanto, o ensaio é útil para avaliar a homogeneidade do concreto, verificar se existe um determinado nível mínimo de resistência e decidir sobre a necessidade de fazer ensaios mais completos. A tensão de rotura à compressão é estimada com base na sua correlação com o índice esclerométrico (Helene 2000).

Este ensaio não substitui a determinação da tensão de rotura à compressão através de corpos de prova cilíndricos, em laboratório.



Fig. 5 “Esclerômetro de Schmidt”.

5.1.2 Pacômetro.

Pacômetro é um localizador eletrônico de barras metálicas em concreto com display digital. O aparelho localiza as barras e mostra seu diâmetro e espessura de revestimento de ferragens até 200 mm distantes da superfície.

Detecta a posição, a bitola e o cobrimento das armaduras, auxilia nos ensaios de ultra-som, na extração de corpos de prova de concreto evitando cortar o ferro das armaduras, usado para verificar a conformidade do executado com o projeto, etc...



Fig. 6 “Pacômetro sendo usado na parede”.

5.1.3 Ultra Som.

O ultra-som é o método de ensaio não destrutivo mais utilizado mundialmente para o ensaio de descontinuidades internas nos materiais.

Ultra som são ondas acústicas com frequências acima do limite audível. Normalmente, as frequências ultra-sônicas situam-se na faixa de 0,5 a 25 Mhz.

O pulso ultra-sônico é transmitido para o material através de um transdutor especial, usualmente denominado de cabeçote. Os pulsos ultra-sônicos refletidos por uma descontinuidade, ou pela superfície oposta da peça (ecos de fundo), são captados pelo transdutor, convertidos em sinais eletrônicos e mostrados na tela plana de cristal líquido do aparelho.

Geralmente, as dimensões reais de uma descontinuidade interna podem ser estimadas com uma razoável precisão através da altura dos ecos refletidos, fornecendo meios para que a peça possa ser aceita, ou rejeitada, baseando-se nos critérios de aceitação da norma aplicável (Helene 2000).

As maiores aplicações deste ensaio são os ensaios em soldas, laminados, forjados, fundidos, materiais compostos, medição de espessura, corrosão, etc.

O ensaio ultra-sônico é, sem sombra de dúvidas, o método de ensaio não destrutivo mais utilizado e o que apresenta o maior crescimento, para a detecção de descontinuidades internas.



Fig. 7 “Ultra som para estruturas de concreto”.

5.2 Determinação da resistência à compressão do concreto

O cálculo de uma estrutura de concreto é feito com base no projeto arquitetônico da obra e no valor de algumas variáveis, como por exemplo, a resistência do concreto que será utilizado na estrutura (Souza 1998).

Portanto, a Resistência Característica do Concreto à Compressão (f_{ck}) é um dos dados utilizados no cálculo estrutural. Sua unidade de medida é o MPa (Mega Pascal), sendo:

- Pascal: Pressão exercida por uma força de 1 newton, uniformemente distribuída sobre uma superfície plana de 1 metro quadrado de área, perpendicular à direção da força.
- Mega Pascal (MPa) = 1 milhão de Pascal = 10,1972 Kgf/cm².

Por exemplo: O f_{ck} 30 MPa tem uma resistência à compressão de 305,916 Kgf/cm².

O valor desta resistência (f_{ck}) é um dado importante e será necessário em diversas etapas da obra, como por exemplo:

Para cotar os preços do concreto junto ao mercado, pois o valor do metro cúbico de concreto varia conforme a resistência (f_{ck}), o slump, o uso de adições, etc.

No recebimento do concreto na obra, devendo o valor do f_{ck} , fazer parte do corpo da nota fiscal de entrega, juntamente o slump (Souza 1998).

No controle tecnológico do concreto (conforme normas da ABNT), através dos resultados dos ensaios de resistência à compressão.

Neste ensaio, a amostra do concreto é "capeada" e colocada em uma prensa. Nela, recebe uma carga gradual até atingir sua resistência máxima (kgs). Este valor é dividido pela área do topo da amostra (cm²). Teremos então a resistência em kgf/cm². Dividindo-se este valor por 10,1972 se obtém a resistência em MPa.



Fig. 8 “Capeamento dos corpos de prova (a esquerda) e rompimento do corpo de prova (a direita)”.

5.3 Determinação da profundidade da carbonatação

Ensaio de fenoftaleína para avaliação da profundidade de carbonatação do concreto
O composto químico que desencadeia o fenômeno da carbonatação do concreto é bem conhecido, facilmente encontrado nos centros urbanos. Um bom exemplo são os túneis e viadutos. Nestes ambientes, o concreto está exposto à alta concentração de gás carbônico (CO₂). Esse dióxido de carbono penetra nos poros do concreto, dilui-se na umidade presente na estrutura e forma o composto chamado ácido carbônico (H₂CO₃)(Andrade 1997).

Este ácido reage com alguns componentes da pasta de cimento hidratada e resulta em água e carbonato de cálcio (CaCO₃). O composto que reage rapidamente com (H₂CO₃) é o hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂) (Andrade 1997).

O carbonato de cálcio não deteriora o concreto, porém durante a sua formação consome os álcalis da pasta (ex: Ca(OH)₂ e C-S-H) e reduz o pH.

O concreto normalmente possui pH entre 12,6 e 13,5. Ao se carbonatar, estes números reduzem para valores próximos de 8,5. A carbonatação inicia-se na superfície da estrutura e forma a “frente de carbonatação”, composta por duas zonas com pH distintas (uma básica e outra neutra). Esta frente avança em direção ao interior do concreto e quando alcança a armadura ocorre a despassivação do aço e este se torna vulnerável)(Andrade 1997).

Após a despassivação, o processo de corrosão será iniciado se ao mesmo tempo houver umidade (eletrólito), diferença de potencial (exemplo: diferença de aeração ou tensões entre dois pontos da barra ou do concreto), agentes agressivos (exemplo: CO₂ ou fuligem) e oxigênio ao redor da armadura.

Os danos causados são vários, como fissuração do concreto, destacamento do revestimento do aço, redução da seção da armadura e perda de aderência desta com o concreto.

Resumidamente, a carbonatação depende de fatores como:

- ✓ Condições ambientais: altas concentrações de CO₂ aumentam as chances de ataque ao concreto.
- ✓ Umidade do ambiente: poros parcialmente preenchidos com água na superfície do concreto apresentam condição favorável.
- ✓ Traço do concreto: altas relações a/c, resultam em concretos porosos e, portanto, aumentam as chances de difusão de CO₂ entre os poros.
- ✓ Lançamento e adensamento: se o concreto tiver baixa permeabilidade (compacto), dificultará a entrada de agentes agressivos.
- ✓ Cura: processo fundamental para reduzir o efeito da carbonatação.

O concreto mal curado possui micro-fissuras que o enfraquecem. A pré-existência de fissuras nas estruturas facilita a entrada do CO₂ e pode acelerar a carbonatação. No livro “Propriedades do Concreto”, Adam Neville cita que, através de pesquisas observou-se que o aumento do período da cura, ampliando a molhagem de um dia para três dias, reduziu a profundidade de carbonatação em cerca de 40% (Andrade 1997).



Fig. 9 “ Amostra mostrando a profundidade de carbonatação do concreto”.

6. Estudo de Caso: Resultado e Discussões.

|Anomalias em uma estrutura apresentam manifestações que podem ser diagnosticadas visualmente ou através de testes. Elas se manifestam depois do início da execução da obra. Em relação a recuperação das patologias, Helene (2000) afirma que *“as correções serão tanto mais duráveis, mais efetivas, mais fáceis de executar e muito mais baratas, quanto mais cedo forem executadas”*.

Este estudo propõe mostrar um caso de patologia na estrutura de concreto armado, o qual teve como origem problemas no processo de execução.

Trata-se de um condomínio residencial, localizado em Santa Cruz. Rio de Janeiro-RJ. A edificação apresentou várias patologias, dentre elas: trincas em diversos lugares, problemas nas fachadas, infiltrações devido a falhas na impermeabilização.

As anomalias das estruturas foram causadas por falhas de execução e na interpretação dos projetos.

Detectadas pela própria administração do condomínio, as patologias foram diagnosticadas pela equipe de manutenção da construtora, tais como: infiltrações, corrosão das armaduras, trincas em geral e desagregações do concreto são os casos mais frequentes. Mesmo antes de aparecerem, a estrutura já sofria processos de deteriorização, tais como carbonatação e lixiviação.

Abaixo veremos as patologias encontradas.



Fig. 10 “Foto do prédio a ser analisado no estudo de caso”.

6.1. Corrosão nas fachadas

- Aspectos Gerais:

- Manchas superficiais de cor marrom-avermelhadas.

- Causas prováveis:

- Falta de recobrimento nas armaduras.
- Falta de limpeza das estruturas na execução do revestimento externo.



Fig. 11 “ Fachada dos fundos com pontos de ferrugem aflorando da pintura”.

6.2. Corrosão nos pilares

- Aspectos Gerais:

- Manchas de cor marrom-avermelhadas.
- Trincas paralelas as armaduras.
- Redução da seção da armadura.
- Descolamento do concreto.

- Causas prováveis:

- Concentração elevada de armadura.
- Falta de recobrimento mínimo exigido.
- Concreto mal vibrado.
- Teor A/C elevado.
- Insuficiência de argamassa para o envolvimento total dos agregados.



Fig. 12 “Pilar com ponto de ferrugem devido à umidade”.

6.3. Corrosão das armaduras em vigas

- Aspectos Gerais:

- Manchas de cor marrom-avermelhadas.
- Trincas paralelas as armaduras.
- Redução da seção da armadura.
- Descolamento do concreto.
- Saturação da parte inferior da viga.

- Causas prováveis:

- Falha na impermeabilização
- Concentração elevada de armadura.
- Recobrimento em desacordo com o projeto.



Fig. 13 “Viga com infiltração”.

6.4. Corrosão e infiltração nas lajes

- Aspectos Gerais

- Manchas de cor marrom-avermelhadas.
- Corrosão nas armaduras próximas as prumadas hidráulicas e tubulações.
- Trincas paralelas as armaduras.
- Redução da seção da armadura.
- Percolação de água.
- Descolamento do concreto.

- Causas prováveis:

- Trincas na superfície do concreto.
- Teor A/C elevado.
- Falhas na impermeabilização.



Fig. 14 “Lajes com pontos de infiltração”.

6.5. Resultados do estudo de casos

Podemos prevenir anomalias nas estruturas, mantendo sempre a qualidade dos materiais utilizados nos processos construtivos e respeitando os procedimentos e seqüência dos serviços.

Uma construção do tipo da aqui analisada deve ter uma vida útil de projeto de no mínimo cinquenta anos. O edifício analisado, tinha uma idade média de sete anos.

Um processo construtivo é falho se não for acompanhado de perto, através de um rigoroso controle de qualidade, com procedimentos, normas, fichas de verificação e tabelas, visando à qualidade final do produto, ou seja, que venha a resistir as condições de exposição.

O meio técnico, que é responsável pelo controle em geral, deixa-se levar pela “acomodação”, ou mesmo não tem capacidade de tomar decisões claras e corretas, o que prejudica o processo executivo.

A durabilidade é uma qualidade da estrutura e a vida útil é a qualificação dessa qualidade.

A qualidade de uma obra concluída ou durante a sua utilização está diretamente ligada à qualidade do projeto. A falta de compatibilização entre projetos pode levar a redução da vida útil de uma estrutura.

Tendo em vista os problemas relacionados no estudo de caso, tivemos as seguintes soluções:

Com relação a fachada, as superfícies de concreto não foram devidamente limpas, fazendo com que pedaços de ferro, como arames e pregos, permanecessem nas estruturas, fazendo com que a corrosão aflorasse na pintura. Para solucionar o problema, foi passada uma nova pintura na fachada e posteriormente, um impermeabilizante aumentando a sua vida útil.

As corrosões nos pilares foram devido às chumbações das prumadas hidráulica terem sido feitas com massa com alta permeabilidade. Os furos das prumadas foram deixados muito próximos às armações dos pilares e como a chumbação das mesmas não foi feita corretamente, quando houve o vazamento na prumada, a água atacou diretamente as

armaduras. Como solução, todas as chumbações das prumadas foram checadas e algumas concertadas com graut.

Devido a não utilização de um projeto de impermeabilização, nem de profissionais capacitados, houve diversos pontos de vazamento, acarretando corrosão nas vigas e lajes. Para resolver o erro uma empresa especializada foi chamada para solucionar os problemas.

7. Conclusão

Na construção civil, as obras vêm sendo desenvolvidas para serem executadas com prazos mais curtos de elaboração. Fator este, que poderia ser avaliado como uma ótima qualidade do setor, caso a fase de projeto fosse bem elaborada e estudada, não deixando dúvidas e decisões para a etapa construtiva. Porém, o que ocorre em muitos casos, são projetos mal elaborados e impensados, muitas vezes inexecutáveis, o que pode ser associado ao curto tempo dedicado à etapa de elaboração dos projetos, resultando em obras improvisadas e, conseqüentemente, com muitas falhas em todas as etapas do processo. Por isso, se tem observado inclusive um grande aumento de demandas judiciais em face das construtoras, como jamais visto.

Pode-se dizer que as patologias existem na grande maioria das obras, em maior ou menor gravidade, pois o processo de deterioração dos materiais é algo inevitável com o passar do tempo. Entretanto, muitas das manifestações patológicas são geradas por descuidos em alguma das fases da construção de uma obra. Por mais que as causas e as manifestações patológicas se repitam muitas vezes, cada caso tem suas particularidades, devendo ser analisado e estudado de maneira específica.

Nas etapas de uso e manutenção das edificações é onde muitas patologias são desenvolvidas, justamente pelo uso indevido da estrutura e a falta de uma manutenção periódica e eficiente. A entrega de um manual de operação, prescrevendo o uso e a manutenção ao usuário de uma edificação, é extremamente necessário visto que, através de informações contidas neste, diversas patologias poderão ser evitadas e os usuários saberão como proceder e operar de maneira correta o edifício. Cabe ao responsável pela edificação a entrega deste manual aos proprietários do imóvel.

Mas mesmo com a grande reincidência de problemas, o estudo sobre as patologias continua sendo um estudo primitivo, com pouco embasamento teórico, visto que o banco de dados ainda é muito escasso devido à falta de registros de casos estudados. Estes dados facilitariam muito o avanço das pesquisas e entendimento das manifestações, diminuindo as incertezas e contribuindo para a análise e resolução de futuros problemas semelhantes.

Este trabalho fincou seus objetivos no estudo e na revisão bibliográfica sobre o tema em análise, principalmente, em assuntos como a importância da manutenção predial periódica e na metodologia eficaz para elaboração de diagnósticos de patologias, dando-se enfoque especial para o caso de marquises.

Buscou-se realizar neste estudo de caso, a análise das patologias mais freqüentes, as formas de manutenção e inspeção. A principal motivação foi o fato de, nos últimos tempos, terem ocorridos inúmeros acidentes e/ou colapsos envolvendo edificações, os quais, em muitos casos, fizeram vítimas fatais. Mas poderiam ter sido evitados.

É notável que, mesmo com o avanço da tecnologia, em ordem crescente, os profissionais muitas vezes ainda estão deixando passar despercebidos pequenos detalhes, tanto de projeto, como de execução, de uso e de manutenção, que por mais banais que possam parecer, acabam por desencadear problemas muito mais sérios e complexos, que em dado estágio, podem ser insanáveis.

O usuário, destinatário final da construção, também tem responsabilidades para com a estrutura da edificação da qual usufrui. O proprietário de um imóvel, antes de tomar qualquer decisão sobre o uso inadequado ou não previsto para a estrutura, deverá consultar o manual de operação, uso e manutenção ou ainda, um engenheiro especialista para que um estudo seja feito e assim verificadas as possibilidades do uso de qualquer aparato que venha a causar sobrecarga na estrutura ou qualquer modificação a ser realizada.

8. Referencia bibliográfica

ANDRADE, C. *Manual para diagnósticos de obras deterioradas por corrosão de armadura*. São Paulo: Pini. 1997;

ARAÚJO, N. *Acidentes estruturais na construção civil Vol.2* São Paulo/SP: Pini 1998.

BERNARDES, C. *Qualidade e o custo das não- conformidades em obras de construção civil* : São Paulo/SP: Pini, 1998.

HELENE, P. *Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto*, 2^a ed. São Paulo: Pini, 2000.

JOAQUIM, A. *Acidentes estruturais na construção civil Vol.1* São Paulo/SP: Pini 1996.

LEAL,U. *Quando as trincas nas paredes preocupam*. Revista Técnica, São Paulo, SP,, n.70, p38-40, jan. 2003.

RIPPER, E. *Como evitar erros na construção*, 3^a ed. São Paulo: Pini, 1998

SOUZA, V. C. M.; *“Patologia, recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto”*, 1^o ed., São Paulo, Pini, 1998.

THOMAZ, E.. *Prevenção e recuperação de trincas em alvenaria*. Revista Técnica, São Paulo, n.36, p.44-49, Set/Out 1998.

