

## **Monografia**

### **“MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO”**

Autora: Caroline Bastos Furtado Andrade  
Orientador: Prof. *José Eduardo de Aguiar*

Janeiro /2013

CAROLINE BASTOS FURTADO ANDRADE

**“MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO  
ARMADO”**

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

Ênfase: Gestão e Tecnologia na Construção Civil  
Orientador: Prof. *José Eduardo de Aguiar*

Belo Horizonte  
Escola de Engenharia da UFMG  
2013

A minha família pelo apoio, carinho e dedicação.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	7
2. OBJETIVO .....	9
2.1. Objetivo Geral .....	9
2.2. Objetivos Específicos.....	9
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
4. O CONCRETO ARMADO .....	12
4.1. Conceitos de Durabilidade e Vida Útil.....	14
5. PATOLOGIA NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO .....	17
5.1. Principais ações de desgaste das estruturas de concreto .....	18
5.2. Os principais sintomas patológicos do concreto .....	19
5.3. Causas de deterioração do concreto armado .....	27
6. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS.....	32
7. INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO .....	37
8. CONCLUSÃO .....	40
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Imagem Mineirão. ....	7
Figura 2.1 - Execução de concretagem na obra. ....	12
Figura 3.1 - Fases do desempenho de estrutura durante sua vida útil. ....	15
Figura 5.1 – Ilustração de Projeto .....	19
Figura 5.2 – Materiais de construção .....	20
Figura 5.3 - Concretagem .....	21
Figura 5.4 – Passo-a-passo para mistura de concreto.....	23
Figura 5.5 – Caminhão betoneira.....	24
Figura 5.6 – Lançamento de concreto.....	24
Figura 5.7 - Adensamento.....	25
Figura 5.8 - Cura.....	26
Figura 5.9 - Bloco de fundação com padrão de fissuração típico de RAA .....	29
Figura 5.10 - Fissura causada pelo ataque de cloreto. ....	30
Figura 6.1 - Fissuras .....	32
Figura 6.2 - Corrosão de armaduras.....	34
Figura 6.3 -Desagregação do Concreto. ....	35
Figura 6.4 - Eflorescência do Concreto.....	36
Figura 7.1 - Eflorescência do Concreto.....	39

## **RESUMO**

Apesar de termos uma tecnologia avançada em relação a técnicas e materiais de construção, um grande número de edificações relativamente jovens vem apresentando manifestações patológicas. A falta de cuidado ao aplicar um material, somado à falta de manutenção, tem criado despesas que poderiam ser evitadas.

O tema desta monografia descreve a ocorrência de manifestações patológicas nas edificações devido a falhas de projeto, construção e de manutenção, e por consequência o desempenho das construções fica aquém das expectativas. O trabalho será baseado em uma revisão bibliográfica sobre manifestações patológicas das construções, abordando de forma sucinta os tipos de patologias e suas incidências e dando ênfase às formas de interpretação e metodologias para elaboração de diagnósticos de manifestações patológicas. Serão discutidas também formas adequadas para a manutenção das edificações.

A justificativa pela escolha deste tema se dá pela deficiência de formação e preparo de profissionais nos diferentes níveis que atuam na área de construção civil, desde planejamento e execução até à manutenção das construções.

**PALAVRAS- CHAVE:** manifestações patológicas patologia em construção, concreto armado.

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização do concreto armado iniciou no Brasil no século XX. Um exemplo típico desta época é o Mineirão (1965) e a Igrejinha da Pampulha (1945) ambos localizados em Belo Horizonte. Nesta época a densidade populacional aumentou muito e as regiões metropolitanas foram incorporando os edifícios de múltiplos pavimentos e cada vez mais obras de infra-estrutura urbana.



Figura 1.1 - Imagem Mineirão. Fonte: Internet 2012

O desenvolvimento tecnológico do comportamento do concreto armado em longo prazo era principiante, assim como as ferramentas eletrônicas existentes para a elaboração de projetos estruturais. Inicialmente ao avaliar as características do concreto, os profissionais se baseavam em exigências mecânicas, e a partir do envelhecimento das estruturas surgiam os problemas.

Então se passou a estudar as causas para a ocorrência destes problemas e as respectivas ações preventivas (tanto na etapa de projeto quanto após a execução). Hoje ao detectar o tipo de problema, pode-se determinar a alternativa mais indicada para a intervenção, de acordo com as opções disponíveis de materiais, mão de obra, prazo e custos envolvidos.

Na engenharia civil, o termo manifestações patológicas é usado quando ocorre o mau desempenho da estrutura. Este termo é muito utilizado na área da saúde e significa doença e ou análise da causa e sintoma da doença, diagnóstico de doença.

A análise da patologia é em função de dois aspectos essenciais, tempo e condições de exposição, o que a torna associada aos conceitos de durabilidade e vida útil. Percebe-se que existe uma relação entre a patologia e o desempenho da edificação. Apesar do concreto, possuir excelente durabilidade, a estrutura perderá essa característica ao longo do tempo, pela relação existente com o meio ambiente.

O desejo é que as estruturas, especialmente aquelas de concreto, tivessem vida longa, retirando de seus orçamentos, gastos com manutenções e reparos que é inerente área de construção.

Conferir, avaliar e diagnosticar as patologias da construção são tarefas que devem ser realizadas sistematicamente e periodicamente, de modo a que os resultados e as ações de manutenções devem cumprir efetivamente a reabilitação da construção.



## **2. OBJETIVO**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre a metodologia de análise e solução de problemas patológicos relacionados a construções civis.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

O objetivo é classificar as várias patologias que aparecem nos edifícios separando as que podem comprometer a estabilidade e durabilidade da edificação das que somente prejudicam a estética.

Pretende-se analisar as patologias que tem origem na estrutura de concreto armado, suas causas, prevenção e recuperação, visando seu melhor desempenho.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram compilados vários conceitos relacionados ao tema estudado. Ressalta-se que este trabalho não tem a pretensão de englobar todos os aspectos que têm influência significativa na durabilidade das estruturas, mas sim apresentar alguns pontos relevantes sobre cada um deles, sempre buscando relacionar ao máximo as considerações de caráter tecnológico com as da prática executiva.

De acordo com Souza e Ripper (1998), o significado de patologia das estruturas é "um novo campo da Engenharia das Construções que se ocupa do estudo das origens, formas de manifestação, conseqüências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas".

A NBR 6118 (ABNT, 2007) mostra como meio principal de deterioração do concreto:

- a lixiviação por ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas, que dissolvem e carregam os compostos hidratados de pasta de cimento;
- a expansão por ação de águas e solos que estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias;
- a expansão por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;
- as reações deletérias superficiais de certos agregados, decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

Quanto aos mecanismos principais de deterioração relativos à armadura, destacam-se:

- a despassivação por carbonatação
- a despassivação por elevado teor de cloreto.

De acordo com Helene (1992), as situações onde ocorre patologias apresentam sintomas característicos. Desta maneira especialistas deduzem a origem e os procedimentos destas patologias. Algumas manifestações atuam com persistência maior, pois são ignorados seja no projeto, na execução e na utilização. E desta maneira Helene mostra problemas patológicos de gravidade significativa nas estruturas em concreto armado, afetando a integridade da estrutura, são a corrosão da armadura do concreto, as fissuras e as flechas excessivas das peças estruturais.

Steen também comenta o quanto é importante a pesquisa sobre o assunto e compartilhá-lo com os profissionais da área pois, sendo estes o quanto antes identificado, menor o custo para reparar os elementos danificados. Ou seja, a execução das correções serão mais fáceis e muito mais econômicas quanto mais cedo forem realizadas.

Para se evitar as manifestações patológicas, existem alguns recursos, como e melhor qualificação da mão de obra e tornar acessível a tecnologia das indústrias da construção civil. É fundamental que haja também, a mudança de mentalidade dos consumidores, pois assim passarão a exigir mais qualidade e garantia de durabilidade dos produtos adquiridos, focando também, na importância da manutenção preventiva. Há de se acrescentar nesta lista de prevenções a conscientização de projetistas (especificação de concretos com uma trabalhabilidade adequada, dimensionamento de peças estruturais com densidades de armadura que permitam uma concretagem eficiente, entre outros), construtores (cuidado nas etapas de transporte, lançamento e adensamento, garantia da espessura de cobertura das armaduras de projeto, entre outros) e usuários, quanto à importância de garantir a vida útil da estrutura, gastando o mínimo possível em obras de recuperação e reforço.

Os problemas patológicos estão presentes na maioria das edificações, seja com maior ou menor intensidade, variando o período de aparição e a forma de manifestação. Estes problemas podem apresentar-se de forma simples, sendo assim, de diagnóstico e reparo evidentes ou então, de maneira complexa, exigindo uma análise individualizada.

#### 4. O CONCRETO ARMADO

Chamamos de concreto armado à estrutura de concreto que possui em seu interior, armações feitas com barras de aço. Estas armações são necessárias para atender à deficiência do concreto em resistir a esforços de tração (seu forte é a resistência à compressão) e são indispensáveis na execução de peças como vigas e lajes, por exemplo. O concreto é um material resultante da mistura íntima e proporcionada de um aglomerante (cimento), agregados miúdos, agregados graúdos e água. É considerado o material mais importante na construção civil e possui várias aplicações além da estrutural, tais como: revestimento, pavimentos, paredes, canalizações, fundações, etc.

O projeto das estruturas de concreto armado é feito por engenheiros especializados no assunto, conhecidos também como calculistas. São eles quem determina a resistência do concreto, a bitola do aço, o espaçamento entre as barras e a dimensão das peças que farão parte do projeto (sapatas, blocos, pilares, lajes, vigas, etc).



Figura 2.1 - Execução de concretagem na obra. Fonte: <http://www.portaldoconcreto.com.br>

Um bom projeto deve considerar todas as variáveis possíveis e não só os preços unitários do aço e do concreto. Ao se utilizar uma resistência maior no concreto, por exemplo, pode-se reduzir o tamanho das peças, diminuindo o volume final de concreto, o tamanho das formas, o tempo de desforma, a

quantidade de mão de obra, a velocidade da obra, entre outros. É necessário o conhecimento dos materiais que compõem o concreto, além do aperfeiçoamento dos métodos de cálculo, para que se possam aproveitar melhor as características do produto.

O manejo do concreto armado é recente uma vez que as primeiras peças surgiram há pouco mais de 150 anos, porém o uso em construções com embasamento técnico e modelos de cálculo racionais, ocorre há menos de um século. Desde então, por causa das vantagens do concreto armado, este tem sido utilizado em larga escala pela indústria da construção

De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2007), define-se como estruturas de concreto armado aquelas cujo desempenho estrutural depende da aderência entre o concreto e a armadura, e nas quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência.

O concreto armado é um material composto pela junção do concreto e com barras de aço, de modo que determina um sólido único. Essa associação utiliza as principais vantagens de ambos, quanto à resistência, à durabilidade e ao custo, destacando-se a boa resistência à compressão do concreto e a elevada resistência a tração do aço.

O concreto armado apresenta vantagens e desvantagens quanto ao seu uso estrutural.

### **Vantagens**

- Apresenta boa resistência à maioria das solicitações.
- Tem boa trabalhabilidade, quando em estado fresco e, por isso, adapta-se a várias formas.
- As técnicas de execução são razoavelmente dominadas em todo o país.
- É um material durável, desde que seja bem executado.

- Apresenta durabilidade e resistência ao fogo, superiores em relação à madeira e ao aço, desde que os cobrimentos e a qualidade do concreto estejam de acordo com as condições do meio em que está inserida a estrutura.
- Em diversas situações é economicamente mais viável que estruturas de aço.
- É resistente a choques e vibrações, efeitos térmicos, atmosféricos e desgastes mecânicos.

### **Desvantagens**

- Resulta em elementos com maiores dimensões que o aço, o que, com seu peso específico elevado, ocasiona um peso próprio muito grande, limitando o seu uso em determinadas situações ou elevando bastante o seu custo.
- As adaptações e reformas são, muitas vezes, de difícil execução.
- É bom condutor de calor e som, determinando, em casos específicos, associação com outros materiais para sanar esses problemas.
- É necessário um sistema de fôrmas e escoras, que, geralmente, precisa permanecer no local até que o concreto alcance resistência adequada.

#### **4.1. CONCEITOS DE DURABILIDADE E VIDA ÚTIL**

A durabilidade e vida útil do concreto estão intimamente ligados. A durabilidade pode ser expressa em termos de vida útil, definida como o período de tempo no qual um produto atende às exigências dos usuários.

Conhecida as características de deterioração do concreto e dos sistemas estruturais, entende-se como durabilidade o princípio que relaciona a aplicação destas características a uma determinada construção, avaliando a resposta que dará os efeitos da agressividade do meio e definindo a vida útil da mesma. De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2007), durabilidade da estrutura é a tendência de resistir às provocações ambientais e são definidas em conjunto com projetista e também com o contratante, no início dos trabalhos de projetos.

A Norma define como vida útil, o período no qual se mantém as características das estruturas de concreto, obedecendo os requisitos de uso e manutenção indicado pelo projetista, assim como de execução dos reparos decorrentes de danos acidentais.

Contudo e considerado que o material aproxima-se do final de sua vida útil quando suas propriedades, de acordo com suas condições de uso, se danifica a tal ponto que a continuação do uso desse é considerado inseguro e até mesmo anti-econômico. Portanto, a durabilidade de uma estrutura pode ser representada pelo gráfico conforme mostra a Figura x (ANDRADE, 1997).

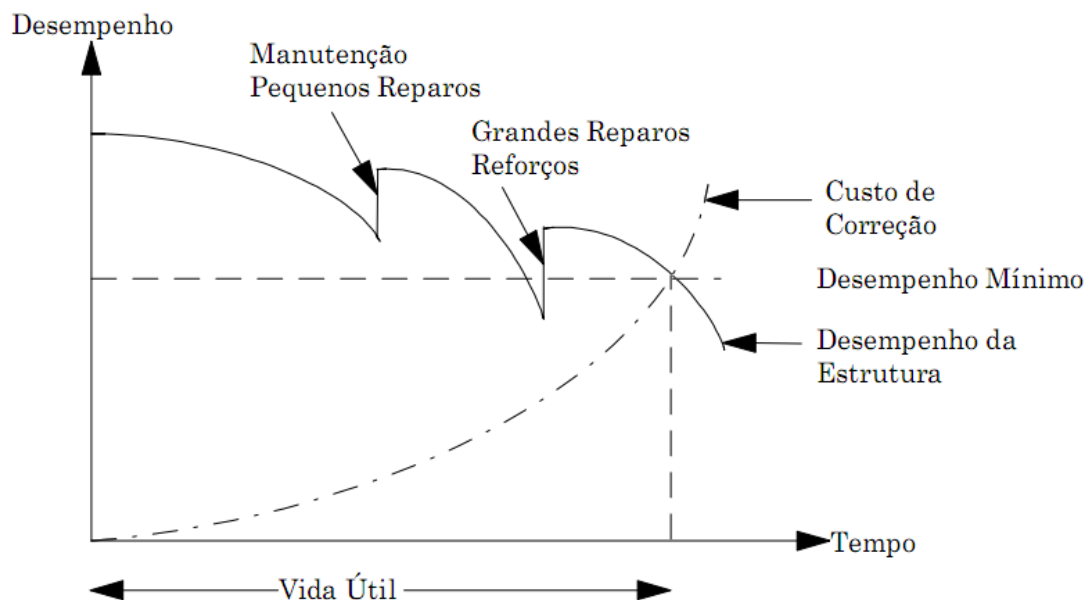


Figura 3.1 - Fases do desempenho de estrutura durante sua vida útil. Fonte: ANDRADE, 1997

Observa-se que quando a estrutura começa a perder seu desempenho por causa de algum tipo de deterioração, ha necessidade de reparos ou reforços. Nota-se também, que à medida que os danos na estrutura crescem, os custos necessários para as correções também aumentam.

Um bom desempenho do material ou componente ao longo da vida útil é considerado como sinônimo de durabilidade. Segundo Souza e Ripper (1998), o problema econômico, o produtor de materiais de baixa qualidade e a irresponsabilidade de quem comanda o processo é em muito facilitada pela falta de fiscalização e normatização.

Em consequência disso, têm-se hoje gastos cada vez maiores com recuperação de estruturas de concreto em geral. Países como Brasil, México e Estados Unidos, com grande extensão de costa, gastam verdadeiras fortunas anualmente apenas na recuperação de estruturas atingidas pela corrosão provocada por cloretos. O cloreto chega até a armadura e provoca sua corrosão pela falta de qualidade do concreto que a envolve.



## **5. PATOLOGIA NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**

O termo patologia é usado na engenharia civil quando ocorre perda de desempenho na estrutura. Esse termo é utilizado na área da saúde o que significa o estudo das doenças e sintomas que elas provocam no organismo (ANDRADE e SILVA, 2005).

De acordo com Helene (1992): "a patologia pode ser entendida como a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema".

Acontecem devido à execução ou utilização errada de materiais e técnicas por parte do trabalhador, propriedades dos materiais, ações externas e acidentes. São causas relacionadas ao transporte, lançamento, execução de juntas de concretagem adensamento e à cura do concreto.

Após a entrada em vigor do novo código do consumidor, as patologias tem causados grandes polemicas entre construtoras e proprietários, terminando geralmente em demandas judiciais.

As patologias em edificações de acordo com o código do consumidor, são importantes, visto que alertam os profissionais para a estrutura ou a necessidade de manutenção para evitar comprometimentos futuros ou ainda provocar insegurança ao moradores.

O conhecimento das causas que provocam as patologias nos edifícios, medidas preventivas na fase de projeto, cuidado na execução, representam uma grande economia em relação a recuperação e são ferramentas fundamentais para reduzir as patologias.

## **5.1. PRINCIPAIS AÇÕES DE DESGASTE DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO**

A NBR 6118 (ABNT, 2007) destaca como mecanismos preponderantes de deterioração do concreto:

- A lixiviação por ação de águas puras, carbônicas agressivas ou ácidas, que dissolvem e carregam os compostos hidratados de pasta de cimento;
- A expansão por ação de águas e solos que estejam contaminados com sulfatos, dando origem a reações expansivas e deletérias;
- A expansão por ação das reações entre os álcalis do cimento e certos agregados reativos;
- E as reações deletérias superficiais de certos agregados, decorrentes de transformações de produtos ferruginosos presentes na sua constituição mineralógica.

Quanto aos mecanismos preponderantes de deterioração relativos à armadura, destacam-se a despassivação por carbonatação e a despassivação por elevado teor de cloreto.

A soma de tantos fatores prejudiciais à estrutura, reforçada pelo crescimento acelerado que a construção civil vem atingindo, provoca a necessidade de inovações que trazem em si a aceitação subentendida de maiores riscos, leva ao ponto de viver em uma época de grandes preocupações.

## 5.2. OS PRINCIPAIS SINTOMAS PATOLÓGICOS DO CONCRETO

### 5.2.1. Origem do problema: Projeto



Figura 5.1 – Ilustração de Projeto Fonte:www.vitruvius.com.br

Varias falhas são possíveis de acontecer durante a fase de elaboração de projeto, podendo originar durante o estudo preliminar, na elaboração do anteprojeto, ou no projeto executivo. Essas falhas podem levar ao encarecimento do processo de construção, a transtornos relacionados com a utilização da obra e a sérios problemas patológicos na estrutura.

Abaixo são listados exemplos de problemas originados na etapa de elaboração do projeto:

- Má definição das ações atuantes ou combinação mais desfavorável para a estrutura;

- Deficiência na avaliação de resistências do solo, podendo levar, por exemplo, a recalques inesperados ao longo da construção e nos primeiros anos de vida da edificação;
- Adoção de peças com espessura de cobrimento e relação água/cimento incompatíveis com tempo e as condições de exposição da estrutura;
- Especificação inadequada de materiais;
- Dimensionamento que leva a grandes deformações na estrutura, levando ao surgimento de fissuras (peças esbeltas e utilização de grandes vãos);
- Utilização de juntas estruturais sujeitas à infiltração de água, próximas aos elementos estruturais;
- Falta de compatibilização entre os projetos (arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, elétrico, entre outros);
- Detalhes construtivos impossíveis de serem executados;

### 5.2.2. Origem do problema: Materiais



Figura 5.2 – Materiais de construção Fonte: [www.arcoweb.com.br](http://www.arcoweb.com.br)

Definidas as especificações dos materiais na fase de projeto, deve-se controlar bem a aquisição dos insumos para fabricação do concreto, objetivando a garantia das especificações e que o concreto não seja rejeitado. É importante que a caracterização dos materiais componentes do concreto esteja em conformidade com o que recomenda a NBR 12654 (ABNT, 1992).

No cimento devem se acompanhar a condição física, como finura, início e fim de pega, resistência à compressão, expansibilidade, calor de hidratação, assim

como, também, seus aspectos químicos, como perda ao fogo e resíduo insolúvel, teores de aluminato tricálcio e de álcalis. Para os agregados é necessário analisar o material, para detectar a presença de contaminantes no agregado. Assim como também, é importante atentar para as características físicas dos agregados, como o formato dos grãos, pois diferenças nessas propriedades podem levar a uma maior variabilidade nas propriedades do concreto fresco e endurecido.

A água é uma parte do concreto de importância, logo se faz necessária a sua análise antes de sua utilização, pois aspectos como contaminação pode prejudicar o desempenho do concreto ao longo do tempo.

### 5.2.3. Origem do problema: Execução



Figura 5.3 - Concretagem Fonte: [www.arcoweb.com.br/](http://www.arcoweb.com.br/)

A NBR 14931 (ABNT, 2004) define como execução da estrutura de concreto todas as atividades desenvolvidas na sua execução, ou seja, sistema fôrmas,

armaduras, concretagem, cura e outras, bem como as relativas à inspeção e documentação de como construído, incluindo a análise do controle de resistência do concreto.

Falhas construtivas durante a etapa de execução da obra podem causar resultado ruim ao desempenho da estrutura de concreto. Para Souza e Ripper (1998), a etapa de execução da estrutura é responsável por boa parte dos problemas patológicos. A ocorrência dos erros é devido ao processo de produção, que é bastante prejudicado. Muitas vezes os problemas que provocam estes erros é a baixa qualidade técnica dos trabalhadores menos. Assim como, também, a falta de uma fiscalização eficiente e um fraco comando de equipes que levar a falhas em determinadas atividades como, escoramentos, fôrmas, posicionamento e qualidade das armaduras, qualidade do concreto, etc.

A NBR 12655 (ABNT, 2006) descreve como etapas de execução do concreto a seguinte seqüência:

- Caracterização dos materiais componentes do concreto, de acordo com a NBR12654 (ABNT, 1992);
- Estudo de dosagem do concreto;
- Ajuste e comprovação do traço do concreto;
- Preparo do concreto;

Na execução do concreto, as principais fases e aspectos importantes a serem avaliados estão descritos a seguir:

- Mistura: Os componentes do concreto devem ser misturados até formar uma massa homogênea. Essa operação pode ser realizada em betoneiras ou em centrais dosador-misturadoras. É importante observar aspectos como a seqüência de colocação dos materiais, o tempo de mistura, a correção da água arrastada pelos agregados e possíveis erros nas quantidades adicionadas dos materiais.





Figura 5.4 – Passo-a-passo para mistura de concreto. Fonte: [www.fazfacil.com.br/reforma-construcao/tracos-concreto-mistura/](http://www.fazfacil.com.br/reforma-construcao/tracos-concreto-mistura/)

- Transporte: após preparada a massa de concreto, ela deve ser transferida do local da mistura até o local de lançamento. Esse transporte pode ser feito por meio de carros de mão sendo os principais problemas a segregação do concreto no transporte, à perda do material e o tempo necessário para fornecê-lo as frentes de trabalho. E assim compromete a qualidade do serviço. O transporte também pode ser realizado por caminhões betoneira, onde se deve tomar cuidado com o tempo decorrido desde a saída do caminhão da usina até o descarregamento do concreto na obra.



Figura 5.5 – Caminhão betoneira Fonte: [www.supermix.com.br/](http://www.supermix.com.br/)

- Lançamento: consiste na colocação do concreto para moldagem da peça, pode ser realizados com pás, carros de mão, ou bombas para alcançar grandes distâncias. Outro aspecto importante a ser observado é a altura de lançamento do concreto, a concretagem de peças com altura superior a 2 metros deve ser realizada de forma cuidadosa, a fim de evitar a segregação dos agregados graúdos nas regiões inferiores da peça, originando vazios.



Figura 5.6 – Lançamento de concreto Fonte:  
[http://www.acharimoveis.com/blog\\_imobiliario/?tag=tipos-de-concreto](http://www.acharimoveis.com/blog_imobiliario/?tag=tipos-de-concreto)



- Adensamento: Trata-se da atividade de vibrar o concreto, em seu estado fresco, com o objetivo de retirar o ar aprisionado durante as etapas anteriores. Falhas ocorridas durante essa etapa, como excesso ou deficiência de vibração, podem gerar problemas de segregação. Logo, a frequência e amplitude dos vibradores, assim como o tempo de utilização e a disposição desses equipamentos são algumas das escolhas essenciais para o sucesso da atividade.

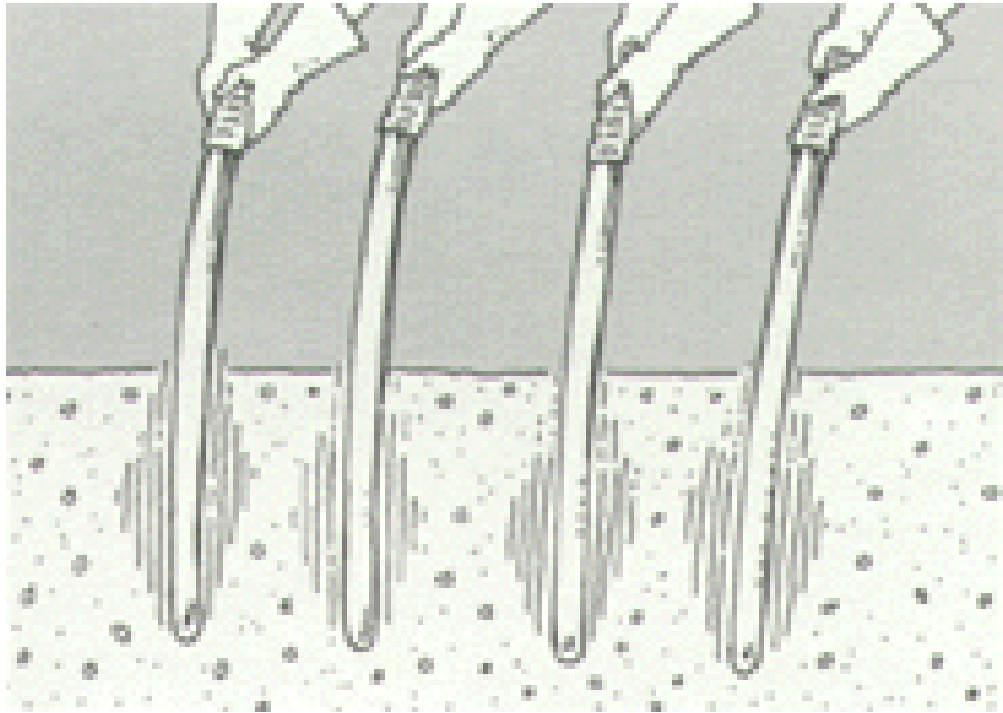


Figura 5.7 - Adensamento Fonte: <http://www.construindo.com.br/concretagem/index0.html>

- Cura: É a atividade mediante a qual se mantêm o teor de umidade satisfatório, impedindo a evaporação de água da mistura. Garante-se também uma temperatura favorável ao concreto durante o processo de hidratação dos materiais. A atividade de cura se resume no cobrimento da peça concretada com água por um tempo mínimo, que será função da relação a/c e do tipo de cimento utilizado. As características superficiais são as mais afetadas por uma cura mal executada como a presença de fissuração, a permeabilidade e a carbonatação.

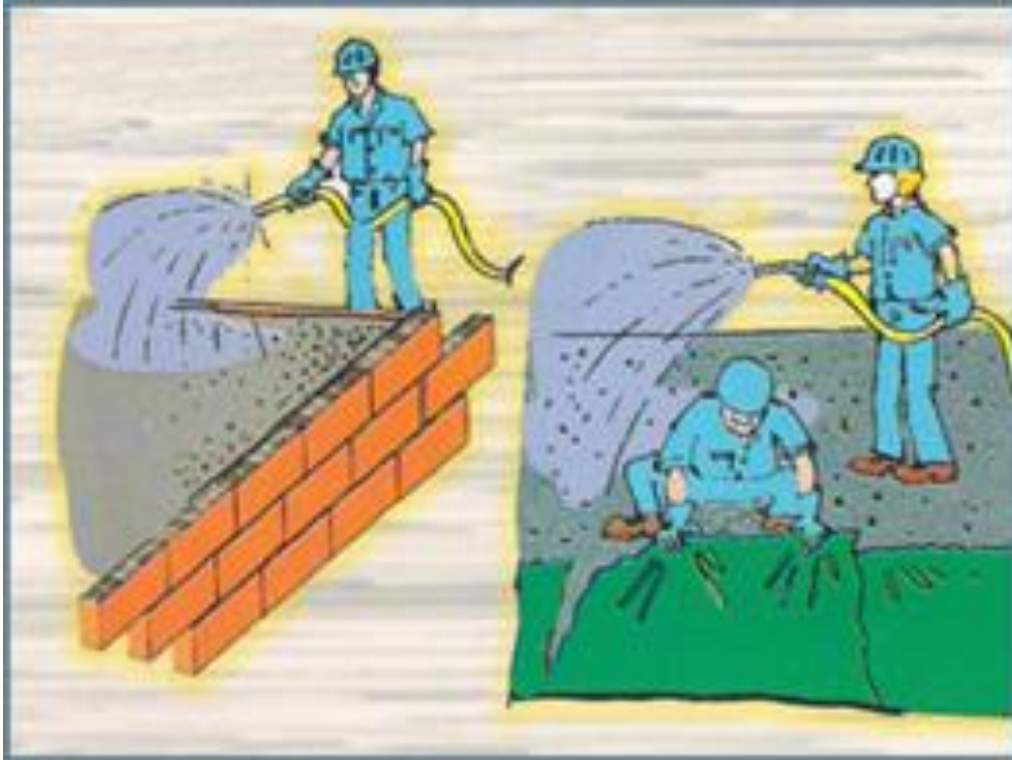


Figura 5.8 - Cura Fonte <http://lonax.blogspot.com.br/2012/11/cura-do-concreto.html>

É importante frisar novamente que falhas de concretagem ignoradas, ou não reparadas devidamente, podem acarretar sérias conseqüências à estrutura, principalmente em regiões agressivas e ou de difícil acesso à inspeção.

Em relação à armação dos elementos estruturais, deve-se tomar cuidado com a correta disposição da ferragem, a quantidade e diâmetro das barras com o pedido no projeto estrutural, a correta execução do cobrimento da armadura, que servirá de proteção contra agentes de despassivação. Quanto maior o cobrimento e melhor a qualidade do concreto maior será o intervalo de tempo, caso as agressões incidam, para que esses cheguem à armadura acarretando o processo corrosivo na mesma.

Assim, o não atendimento a esses parâmetros conduz à perda da capacidade resistente e em elementos como o pilar de uma edificação, pode levar a estrutura ao colapso.

#### **5.2.4. Origem do problema: Uso e Manutenção**

Depois de concluída a execução da estrutura, cabe ao usuário cuidar e utilizá-la da maneira mais eficiente, com o objetivo de manter as características originais ao longo de toda a sua vida útil. A eficiência relaciona-se tanto com as atividades de uso, como, por exemplo, garantir que não sejam ultrapassados os carregamentos previstos em projeto, quanto com as atividades de manutenção, já que o desempenho da estrutura tende a diminuir ao longo da sua vida útil (ANDRADE & SILVA, 2005).

A NBR 5674 define manutenção como o conjunto de atividades a serem desempenhadas para conservar ou recuperar a capacidade funcional de uma edificação e de suas partes constituintes de forma a atender as necessidades e segurança dos usuários.

Segundo Souza e Ripper (1998), os problemas de patologia ocasionados pela ausência de manutenção ou mesmo por manutenção inadequada, têm sua origem no desconhecimento técnico, no desleixo e em problemas econômicos.

A falta de destinação de verbas para manutenção pode vir a tornar-se fator responsável pelo aparecimento de problemas estruturais mais graves, implicando em gastos e podendo levar até mesmo a demolição da estrutura.

### **5.3. CAUSAS DE DETERIORAÇÃO DO CONCRETO ARMADO**

Diversos agentes naturais atuam sob o concreto armado provocando o envelhecimento, ou seja, a perda gradual de seu desempenho estético, funcional e estrutural.

As causas de deterioração originam-se de diversas ações: mecânicas, físicas, químicas e biológicas, podendo estas ocorrer isoladamente ou ao mesmo tempo, dependendo a velocidade de propagação principalmente do meio que a estrutura está inserida (ANDRADE & SILVA, 2005).

### **5.3.1. Ações Mecânicas**

Destacam-se como ações mecânicas de deterioração do concreto: a ação de cargas excessivas e a erosão. A carga excessiva pode provocar fissuração abrindo caminhos para que outras formas de deterioração se instalem. É importante que os projetistas aprovelem as cargas consideradas no dimensionamento da estrutura e que os usuários obedecam às condições especificadas no projeto.

A erosão do concreto consiste no desgaste de sua camada superficial por processos de atritamento, arranhões ou por ação de águas em alta velocidade, tendo como principais causas a abrasão.

### **5.3.2. Ações Físicas**

De acordo com Souza e Ripper (1998), destacam-se como principais ações físicas consideradas agressoras às estruturas de concreto: as variações de temperatura; os movimentos que ocorrem na interface entre materiais com a mesma variação de temperatura mas com coeficientes de dilatação diferentes. Como é o caso de assentamento de alvenaria em peças de concreto e a ação da água.

### **5.3.3. Ações Químicas**

Determinadas substâncias encontradas no meio ambiente penetram na massa de concreto endurecido e, sob condições especiais de temperatura e umidade, provocam reações químicas com efeitos ruins. Sendo o concreto um material com baixa resistência a esse tipo de ataque, as ações químicas acabam se tornando uma das principais causas de deterioração das estruturas. Destaca-se a seguir alguns dos mecanismos mais comuns de deterioração química.

### **a) Reação álcalis-agregados**

Para Nogueira (2010) “a reação álcali-agregado é a reação química que ocorre internamente em uma estrutura de concreto entre os hidróxidos alcalinos (provenientes do cimento, da água de amassamento, de aditivos químicos, de adições pozolânicas, entre outros.) e alguns tipos de minerais presentes nos agregados”. O produto dessa reação é um gel tem tendência para absorver a umidade do ar e que provoca diversas manifestações patológicas no concreto como: expansões, fissuras, movimentações diferenciadas nas estruturas, exsudação e redução da resistência à tração e à compressão.



Figura 5.9 - Bloco de fundação com padrão de fissuração típico de RAA

### **b) Ataque por cloretos**

Para Souza e Ripper (1998), os cloretos podem ser adicionados involuntariamente ao concreto a partir do uso de aditivos aceleradores de pega, de águas e agregados contaminados. Pode também a partir de tratamentos de limpeza realizados com ácido muriático e podem também penetrar no concreto ao aproveitarem-se de sua estrutura porosa.

Os cloretos são introduzidos no concreto de diversas formas, como: pelo uso de aditivos aceleradores de pega; através de impurezas presentes nos constituintes do concreto; no ambiente marinho, através da água salgada e da maresia e em etapas de processo industrial.



Figura 5.10 - Fissura causada pelo ataque de cloreto. Fonte: Helene (2006, p.)

### **c) Carbonatação**

Entre as principais substâncias nocivas às estruturas de concreto armado destaca-se o CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), que leva ao processo de carbonatação do concreto e a conseqüente corrosão das armaduras.

Por meio da reação do CO<sub>2</sub>, presente na atmosfera, principalmente em centros urbanos e áreas industrializadas, com os compostos hidratados do cimento, forma-se CaCO<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>O (carbonato de cálcio e água), o que implica a carbonatação do concreto, ou seja, com essas reações o pH do concreto baixa, alterando a estabilidade da película de passivação do aço, favorecendo, assim, o início da corrosão das armaduras.

#### **5.3.4. Ações Biológicas**

Alguns exemplos de agentes biológicos causadores da deterioração do concreto são o crescimento de vegetação nas estruturas, em que as raízes penetram principalmente através de pequenas falhas de concretagem, ou pelas fissuras e juntas de dilatação, e o desenvolvimento de organismos e microorganismos em certas partes da estrutura.



## 6. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Destaca-se a seguir as manifestações patológicas mais freqüentes e representativas nas estruturas de concreto armado.

### a) Fissuras

São aberturas que afetam a superfície do elemento estrutural tornando-se um caminho rápido para a entrada de agentes agressivos à estrutura, conforme se pode observar na Figura 6.1 a seguir.



Figura 6.1 - Fissuras Fonte: Aguiar J E

As fissuras são manifestações patológicas freqüentes nas estruturas de concreto. Quando estas aparecem servem para chamar a atenção dos usuários para o fato de que algo de anormal está a acontecer. Primeiramente observa-se o quadro de fissuração, já que ele pode ser provocados pelos mais diversos fatores, como por exemplo: reações expansivas ocasionadas por agentes



externos que penetram na estrutura, como cloretos, recalques, a cura mau feita do concreto e a falta de previsão do comportamento da estrutura.

Assim, um processo de fissuração pode instalar-se em uma estrutura pelas mais diversas causas, e para que se consiga identificar a causa e a origem, é necessário desenvolver análises que englobem determinação da configuração das fissuras, tais como a sua abertura e a sua variação ao longo do tempo. Podendo, assim, depois da após identificação, estabelecer as metodologias e procedimentos adequados para os trabalhos de recuperação.

#### **b) Corrosão de armaduras**

A corrosão de elementos metálicos acontece através da alteração de um metal em íon metálico pela sua alteração química com o meio ambiente. Pode-se definir a corrosão das armaduras nas estruturas de concreto armado, como sendo um processo de deterioração do aço, que conseqüentemente provoca a perda de seção das barras e esta perda de seção forma-se corrosão. A corrosão no entorno das armaduras, vai se acumulando e gerando tensões internas o que acaba fissurando o concreto e seqüencialmente lascando-o, deixando a armadura exposta as agressões, o que acelera ainda mais o processo corrosivo, conforme pode ser observado na Figura 6.2



Figura 6.2 - Corrosão de armaduras Fonte:Internet

É importante frisar que a corrosão é um processo evolutivo, o qual, com o passar do tempo vai se agravando. Logo, situações as quais medidas de segurança são tomadas tardiamente podem comprometer a segurança estrutural.

### **c) Desagregação do Concreto e Eflorescência**

A desagregação é a perda de massa de concreto devido a um ataque químico expansivo de produtos ligados ao concreto e devido à baixa resistência do mesmo, caracterizando-se por agregados soltos ou de fácil remoção, conforme apresentado na Figura 6.3.



Figura 6.3 - Desagregação do Concreto. Fonte: Aguiar, JE (2012)

Já a eflorescência é a formação de depósitos de sal na superfície do concreto, resultante da água de infiltrações ou intempéries. Esses sais constituintes podem ser agressivos e causar desagregação profunda, além da modificação do aspecto visual na estrutura, pois há um contraste de cor entre os sais e o substrato sobre os quais se depositam, conforme se pode observar na Figura 6.4 a seguir.



Figura 6.4 - Eflorescência do Concreto. Fonte: Internet

## **7. INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO**

Ao se constatar que uma estrutura de concreto armado apresenta problemas patológicos, torna-se necessário realizar uma vistoria detalhada e planejada para que se possam determinar as reais condições da estrutura, de forma a avaliar as anomalias existentes, suas causas, providências a serem tomadas e métodos a serem adotados para a recuperação ou reforço (SOUZA & RIPPER, 1998).

A metodologia para a inspeção de estruturas convencionais pode ser dividida em três etapas básicas: levantamento de dados, análise e diagnóstico.

A etapa de levantamento de dados fornecerá ajuda necessária para que a análise possa ser realizada de forma correta, consistindo nos seguintes passos:

- Classificação do meio ambiente;
- Levantamento visual e medições expeditas da estrutura;
- Estimativa das possíveis conseqüências dos danos e, caso necessário, medidas emergências devem ser tomadas, como, por exemplo, o escoramento de parte ou do todo da estrutura;
- Levantamento detalhado dos sintomas patológicos (documentação fotográfica, avaliação da presença de agentes agressores, medidas de deformações, medidas de perda de seção de armadura, entre outros);
- Identificação de erros quanto à concepção da estrutura (projeto), à sua execução, ou ainda quanto a sua utilização e manutenção;
- Instrumentação da estrutura e realização de ensaios laboratoriais.

A segunda etapa, análise dos dados, tem como objetivo conduzir o analista da estrutura a um entendimento da mesma e de como surgiram e se desenvolveram os sintomas patológicos.

A última etapa, o diagnóstico, só poderá ser efetuada após a conclusão das etapas de levantamento e análise. Devem-se investigar as causas da patologia, realizando um diagnóstico preciso para que a recuperação seja efetiva.

Uma patologia pode se apresentar como consequência de mais de uma deficiência. Assim, para que a medida corretiva seja eficiente devem-se sanar todas as suas causas (ANDRADE & SILVA, 2005).

Cabe ressaltar que o tratamento de qualquer patologia requer um cuidado muito maior do que o adotado no processo executivo. Por essa razão, ressalta-se novamente que prevenir é melhor que remediar, ou seja, o exercício correto da boa prática da engenharia e o controle tecnológico e de qualidade adequado, economiza tempo, dinheiro e respeita o ser humano (ANDRADE & SILVA, 2005).

O fluxograma da Figura 7.1 a seguir, elaborado por Lichtenstein (1986 apud Piancastelli, 1997), esquematiza a sequência de procedimentos a ser seguida quanto se está à frente de um problema patológico.

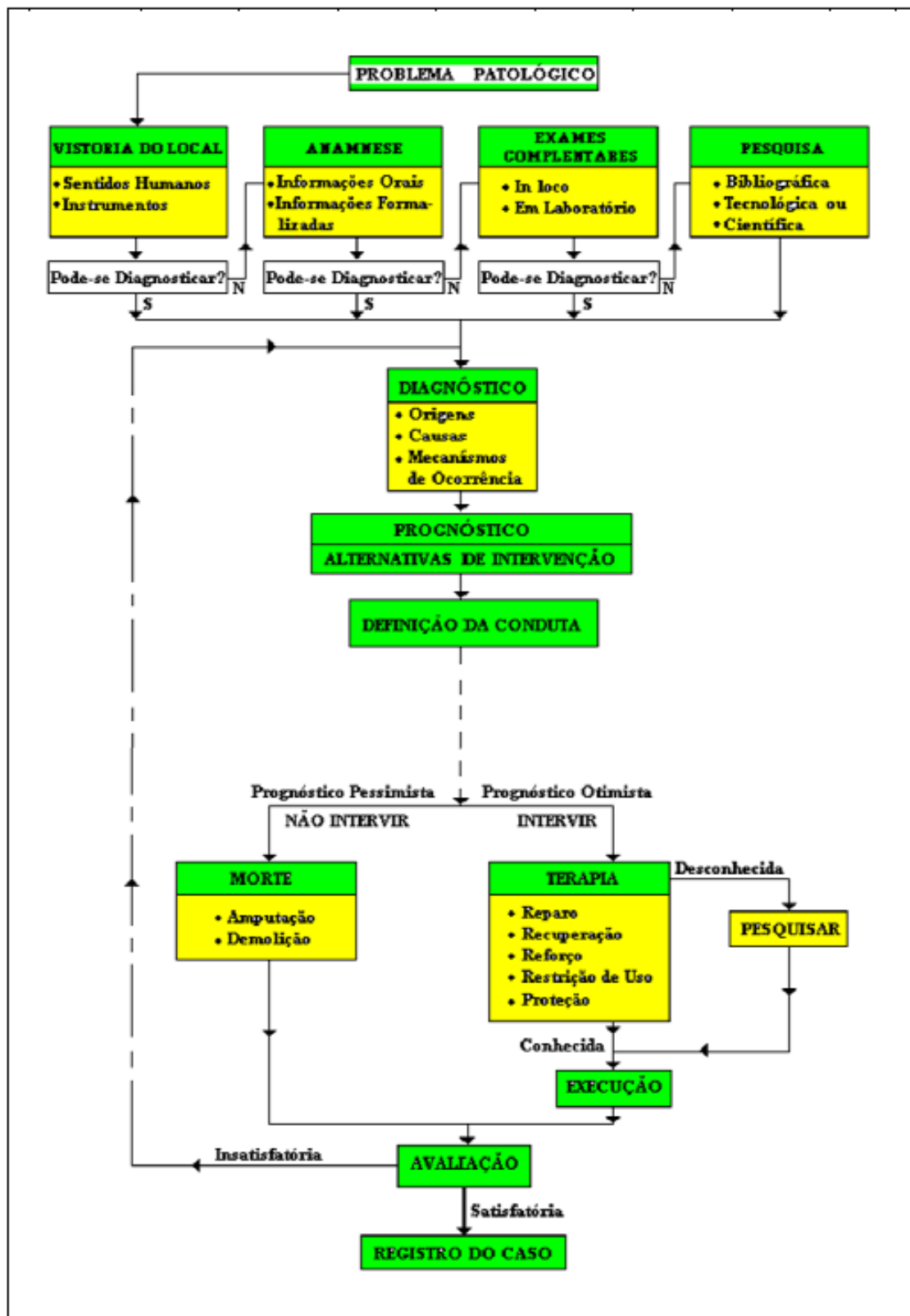


Figura 7.1 - Eflorescência do Concreto. Fonte: Internet

## **8. CONCLUSÃO**

Existem vários riscos possíveis a se ocorrer em uma edificação, contudo a medida mais eficaz a se tomar para que estas não comprometam a vida útil do edifício é a prevenção, portanto cabe aos projetistas o bom senso de conhecer os possíveis fatores causadores de patologias em cada tipo de material e em cada local de análise.

Também há o problema da política do menor custo geralmente atrapalha na qualidade dos projetos, e com a prática de leiloar na hora da contratação, fica desmerecida a experiência e a qualidade que é importante para elaboração de um bom projeto. E com isso a maioria das patologias em edificações ocorre em consequência da falhas de execução e também pela falta de um controle de qualidade.

Para tornar os resultados melhores é importante que se invista em treinamento de operários, com condições de trabalho dignas e o aprimoramento destes profissionais. Aos executores o bom senso de que o ambiente construído é feito para que o homem possa tirar o máximo de proveito dele e que, portanto ele deve ser executado com o melhor potencial de trabalho e conhecimento técnico possível e de material também, assim valendo a pena dedicar-se na construção de uma obra com a pega certa do concreto ou ainda a impermeabilização das lajes.



## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12655:1996: Concreto – Preparo Controle e Recebimento. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12654:1992: Controle tecnológico de materiais componentes do concreto. Rio de Janeiro, 1992.

ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 14931:2004: Execução de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5674:1999: Manutenção de Edificações – Procedimento. Rio de Janeiro, 1999.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118:2007: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.

ANDRADE, T.; SILVA, A.J.C. Patologia das Estruturas. In: ISAIA, Geraldo Cechella. (Ed) Concreto: In.: Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. Editor: Geraldo Cechella Isaia. São Paulo: IBRACON, 2005, V.1, Cap. 32.

LAPA, J. S. Patologia, Recuperação e Reparo das Estruturas de Concreto: Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 2008. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

Silva, L K. Levantamento de Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto Armado no Estado do Ceará: Fortaleza: Escola de Engenharia do Ceara, 2011. Monografia (Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Ceará) - Universidade Federal do Ceará, 2008

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (RJ). Manutenção de Edificações – Procedimento: NBR 5674/80. Rio de Janeiro, 1980

Patologia Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto – Vicente Custodio e Thomaz Ripper

HELENE, P.. Manual de Reparo, Proteção e Reforço de Estruturas de Concreto. Editora Rehabilitar, São Paulo, 2003.

HELENE, P. Manutenção para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto. Pini, 2ªed. São Paulo, 1992.