

ES-017

**Patologia, Recuperação e Reparo
das Estruturas de Concreto**

**Prof. Francisco Graziano
Prof. Paulo Helene**

•1

Importância da Patologia

Relatório HOAR – Department of Trade and Industry HMSO,
London, 1971.

1º Equipamentos de Transporte

2º Equipamentos Portuários

3º Construção Civil → 18% das perdas totais

**Robert Baboian – Standization News. USA, março
1986**

Perdas globais → 2 a 4% do PNB

Construção Civil → aprox. 0,5% do PIB

US \$ 450 bi → 2 bi → aprox. 350 mil unidades hab.

•2

Patologia → Terminologia

- sintoma = manifestação patológica = lesão = defeito = vício oculto = vício de construção
- mecanismo
- causa = agente causador
- origem
- diagnóstico
- negligência = falha → perícia judicial

•3

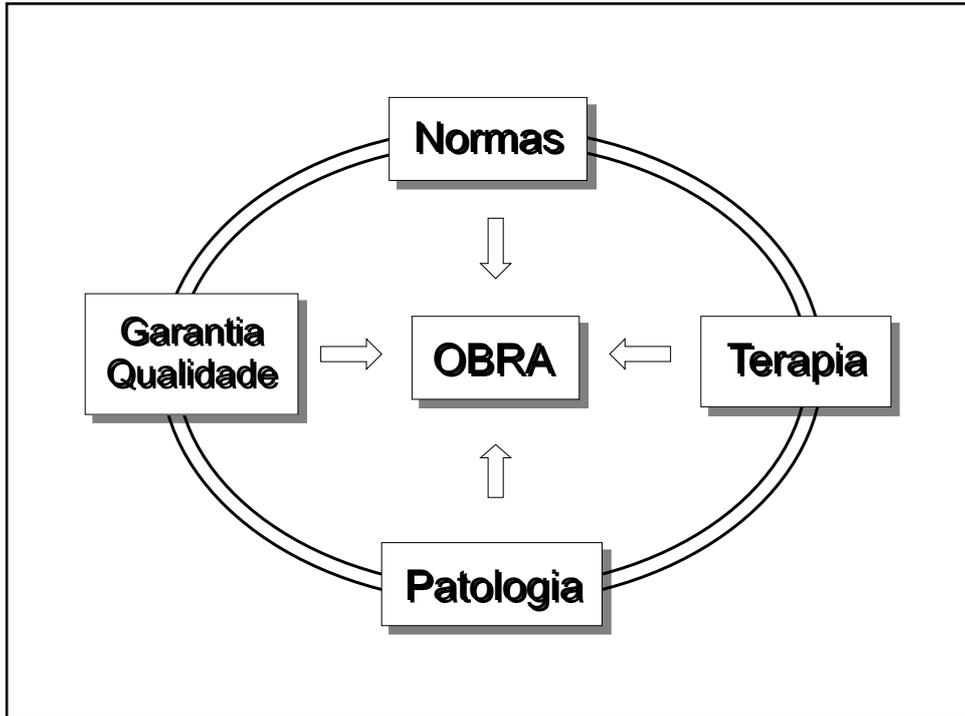
Patologia

pato → grego *páthos* = doença

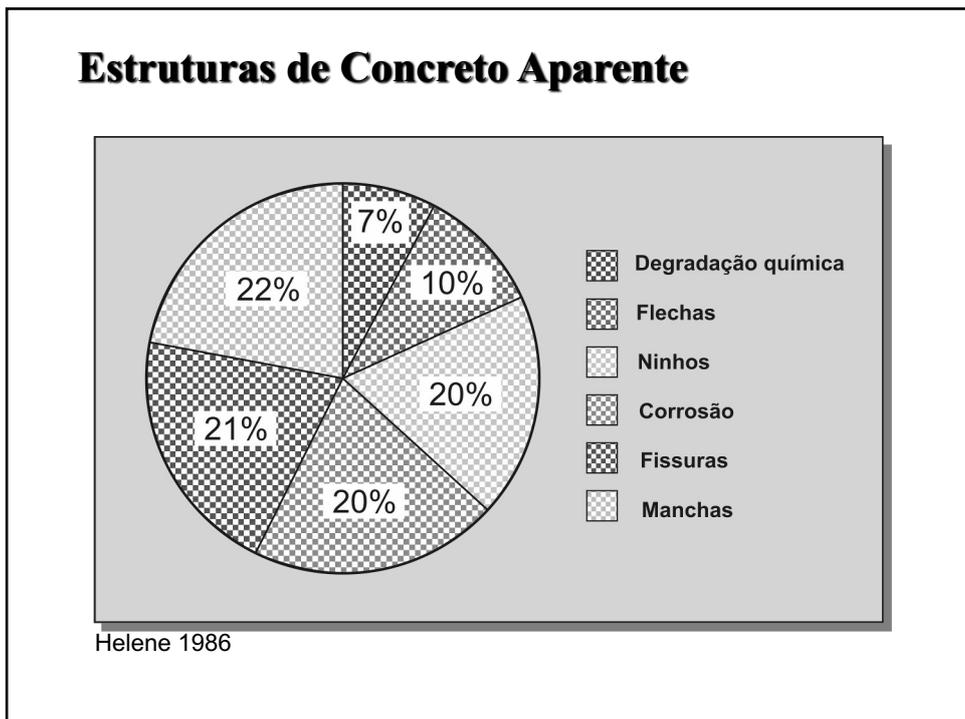
logia → grego *lógos* = estudo, ciência

patologia → ramo da engenharia que se ocupa do estudo da natureza, origem, mecanismo e causa dos problemas e defeitos nas construções civis

•4

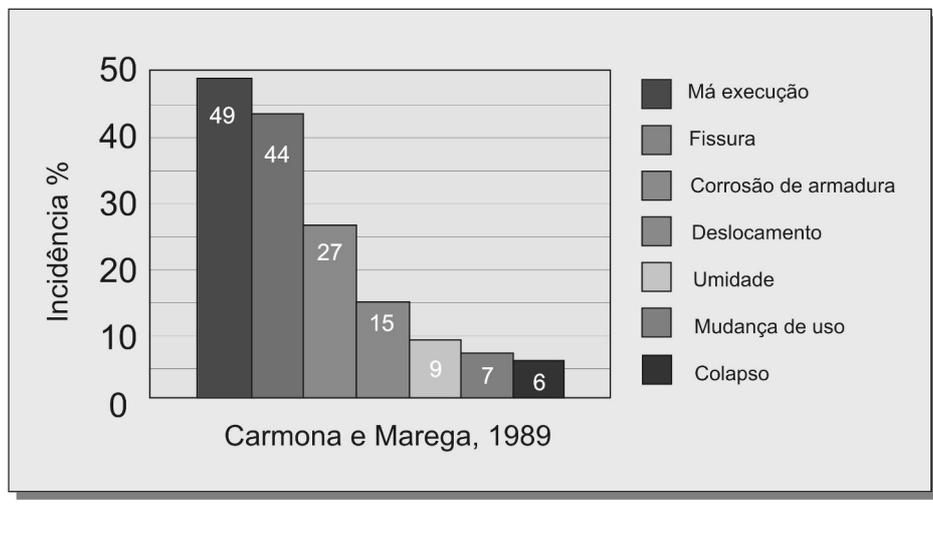


•5



•6

Origens e Causas dos Problemas Patológicos



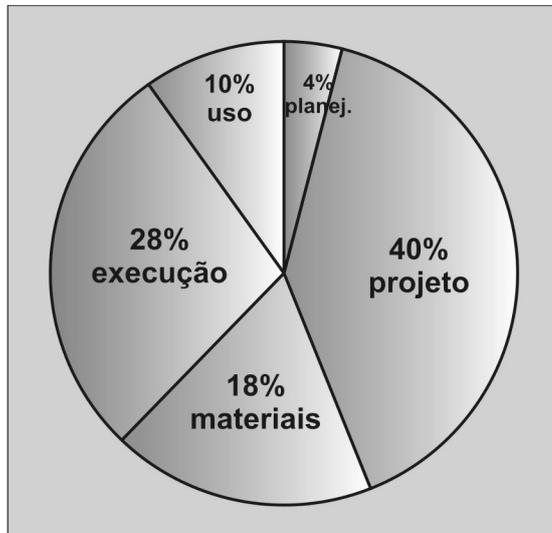
•7

Origem das Manifestações Patológicas

PAÍS \ ETAPA	BÉLGICA	GRÃ BRETANHA	REPÚBLICA FED. ALEMÃ	DINAMARCA	RUMÂNIA
Projeto	46 a 49%	49%	37%	36%	37%
Mat./Comp.	15%	11%	14%	25%	22%
Execução	22%	29%	30%	22%	19%
Uso	8 a 9%	10%	11%	9%	11%

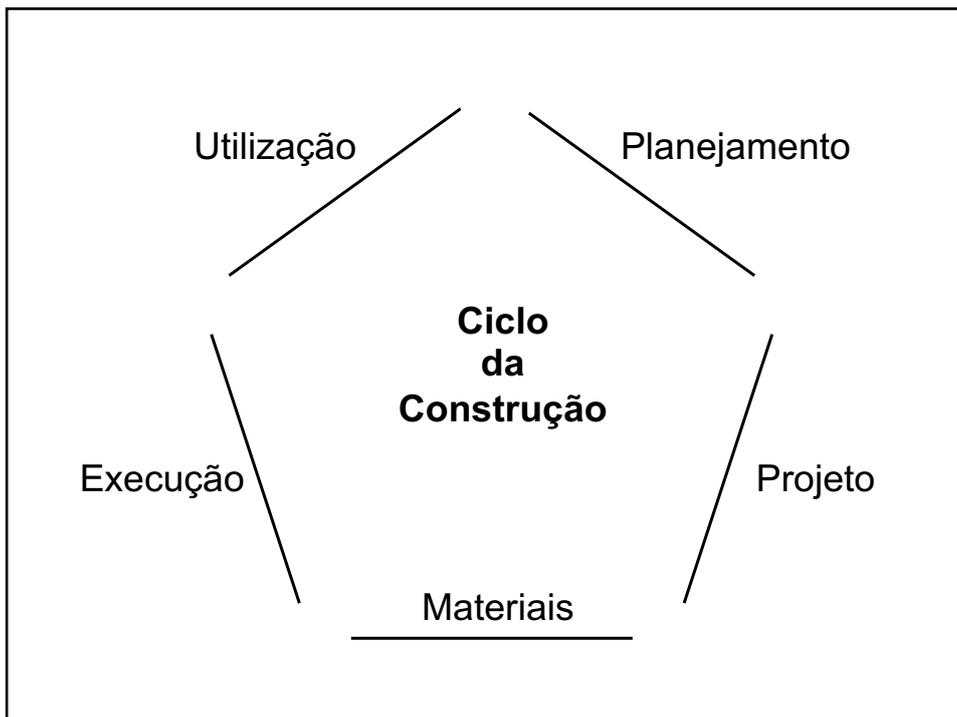
•8

Origem dos Problemas Patológicos



Grunau 1981

•9



•10

Objetivo do curso

- Entender melhor o comportamento das estruturas de concreto
- Apresentar aspectos importantes, pouco conhecidos ou até esquecidos de tecnologia de concreto
- Fornecer subsídios para projetar melhor, manter com mais eficiência e para intervir com mais critério
- Propor procedimentos de reparo, de proteção e de reforço de estruturas

•11

Conceitos

- **Patologia das construções é a “disciplina” da engenharia encarregada do estudo sistemático dos defeitos, falhas, danos, lesões das construções, bem como seus sintomas, causas, origem e mecanismos.**

•12

Conceitos

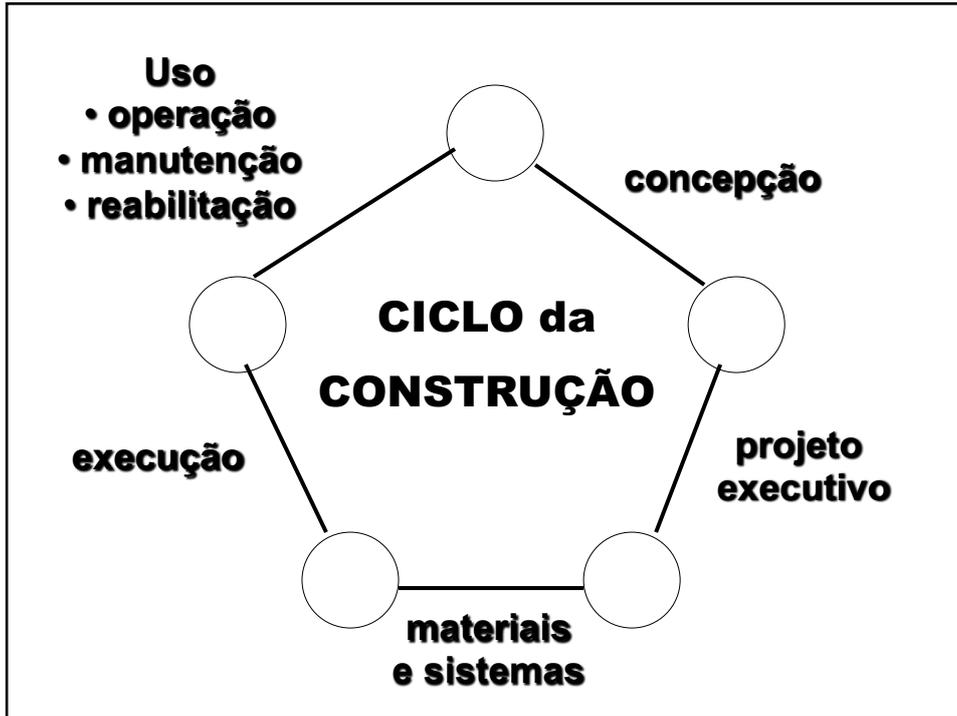
- **Profilaxia das construções é a “disciplina” da engenharia encarregada do estudo sistemático de como evitar problemas patológicos nas construções, ou seja, como “bem projetar”, como “bem construir”, como “bem operar” e como “bem manter”**

•13

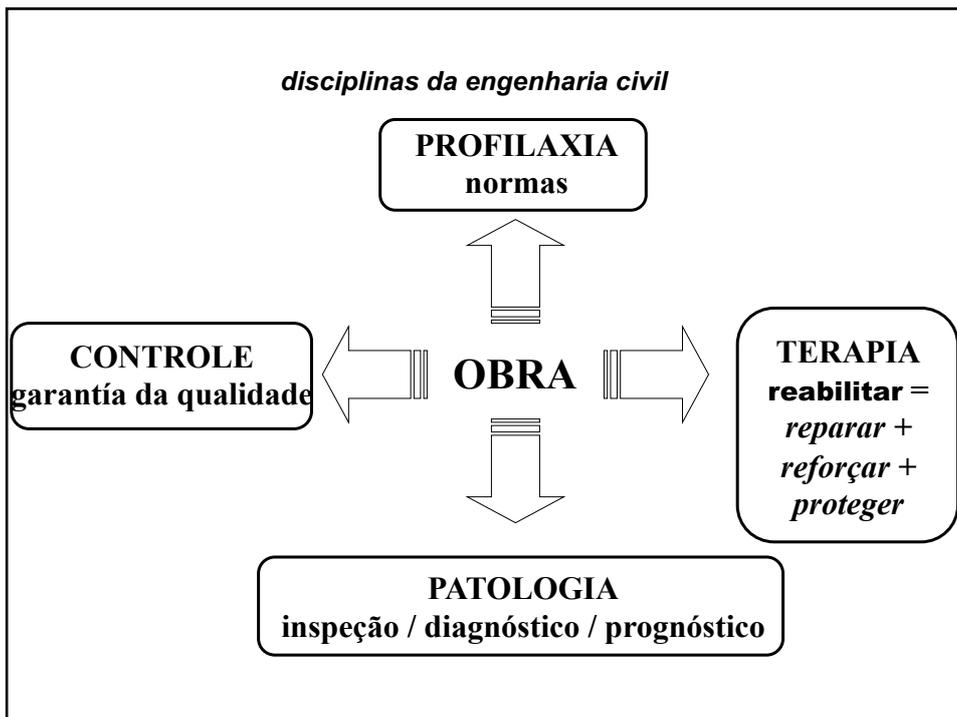
Conceitos

- **Terapia das construções é a “disciplina” da engenharia encarregada do estudo sistemático de como intervir em construções que apresentam problemas patológicos**

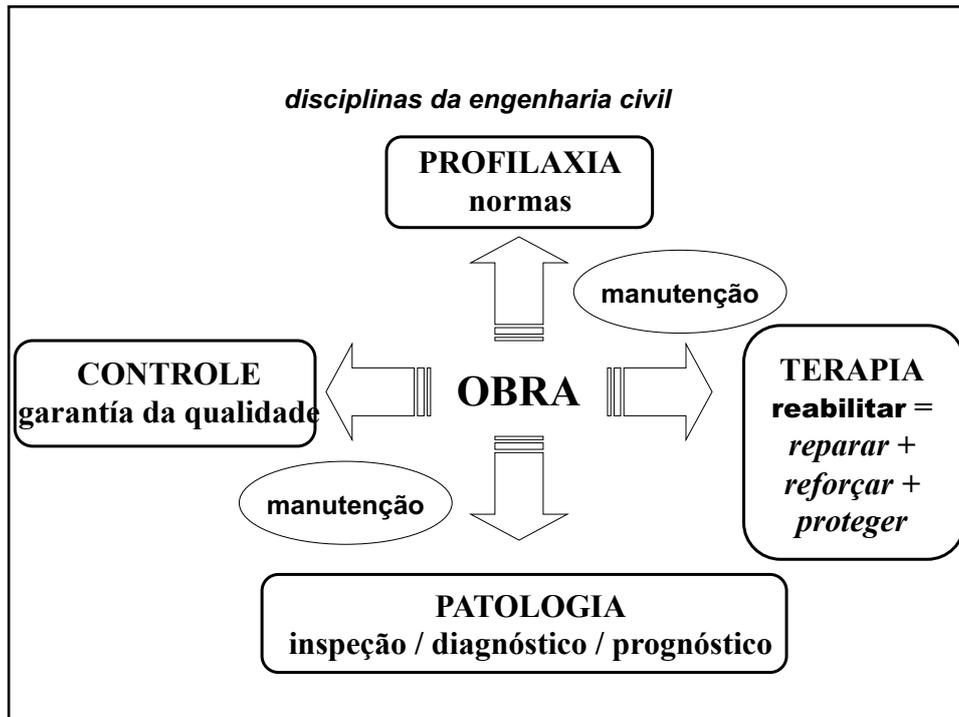
•14



•15



•16



•17

O que é Reabilitar?

- **Intervenção corretiva**
- **Pressupõem uma inspeção e diagnóstico**
- **É a Disciplina mais atrasada da engenharia**
- **Não há consenso nas soluções**
- **Não existem critérios claros de desempenho**

•18

O que é Reabilitar?

**De todas as disciplinas
é a que mais cresce e
que mais se
desenvolveu na última
década**

•19

Conceitos

- **Inspeção, vistoria é o ato de observar visualmente e com instrumentos a estrutura com vistas a identificar e diagnosticar problemas patológicos ou de envelhecimento natural. Pode ser preliminar ou detalhada**

•20

Conceitos

- **Diagnóstico é o parecer conclusivo sobre um problema patológico que pressupõe a resposta a qual o sintoma típico, qual a origem do problema, quais os agentes causadores e como foi o mecanismo de deterioração**

•21

Conceitos

- **Prognóstico é uma previsão sobre o desenvolvimento e consequências futuras de um problema patológico frente a diferentes cenários, no mínimo frente a um cenário de não intervenção.**

•22

Conceitos

- **Estudo de alternativas de intervenção**
- **Escolha da solução**
- **Projeto de intervenção**
- **Manual de manutenção**

•23

Terminologia

- **Defeito, lesão, anomalia, dano, manifestação patológica, sintoma patológico– constatação de que uma ou mais partes da estrutura não cumprem, precocemente, o fim que lhes foi previsto.**
- **Envelhecimento natural – sintoma patológico que ocorre coincidentemente com o fim da vida útil prevista.**
- **Problema patológico – questão a ser resolvida.**

•24

Terminologia (comum e judicial)

- **Vício – erro de projeto ou executivo que compromete o bom desempenho da estrutura.**
- **Vício oculto – Vício que não pode ser identificado antes da manifestação de suas conseqüências e danos.**
- **Vício de construção – relativo exclusivamente à execução**

•25

Tipos de intervenções nas estruturas

- **Re-habilitação: é a recomposição da capacidade estrutural originária de um elemento danificado.**
- **Reparo: é uma intervenção específica**
- **Reforço: é o incremento de capacidade estrutural de um elemento.**
- **Proteção**

•26

Formação e técnicas empregadas

- **Tecnologia dos materiais**
- **Métodos de ensaios destrutivos ou não destrutivos**
- **Sistemas de medida da geometria das estruturas**
- **Sistemas de medida de deformações**
- **Análises químicas e físicas dos materiais**
- **Todos os recursos da resistência dos materiais e do dimensionamento e verificação de estruturas**

•27

Ausência de normas nacionais e internacionais

- **Não há o que normalizar até o momento pois existe muito desconhecimento e a especialidade está se estabelecendo.**
- **Extrapolar normas de projeto e execução podem acarretar mais problemas.**
- **Exige-se especial prudência dos profissionais e só conhecedores dos temas em questão devem aventurar-se nestes trabalhos (equipes multi-disciplinares)**

•28

ROTEIRO PARA ANÁLISE DE ESTRUTURAS

1 – ESTRUTURA (anamnese, antecedentes)

- ☐ projetos
- ☐ história do carregamento
- ☐ especificações
- ☐ dosagens
- ☐ controles
- ☐ idade e tempo do sintoma
- ☐ disposições geométricas
- ☐ cobrimentos / bitolas
- ☐ diário de obra

•29

ROTEIRO PARA ANÁLISE DE ESTRUTURAS

2 – Classificar agressividade ambiental

- ☐ temperatura Δ dia
- ☐ temperatura Δ sazonal
- ☐ umidade relativa
- ☐ precipitação pluviométrica
- ☐ agentes agressivos
- ☐ poeira em suspensão (pH)
- ☐ tipo de contato
- ☐ construções vizinhas

•30

ROTEIRO PARA ANÁLISE DE ESTRUTURAS

**3 – Inspeção preliminar
(visual + ensaios
simples de campo)**

- ☐ mancha
- ☐ erosão úmida
- ☐ lascamento
- ☐ esfoliação
- ☐ corrosão de armadura
- ☐ gel exsudado
- ☐ eflorescência
- ☐ cristalização

☐ (continua)

•31

ROTEIRO PARA ANÁLISE DE ESTRUTURAS

3 – Inspeção preliminar

- ☐ desagregação química
- ☐ desgaste por abrasão seco
- ☐ bolhas
- ☐ fissuração
- ☐ pH
- ☐ carbonatação
- ☐ impactos mecânicos

•32

ROTEIRO PARA ANÁLISE DE ESTRUTURAS

**4 – Inspeção detalhada
com ensaios em
laboratório e campo**

- ☐ provas de carga
- ☐ monitoramento
- ☐ análise química
- ☐ análise térmica
- ☐ espectrometria infravermelha
- ☐ raios x
- ☐ microscopia ótica
- ☐ microscopia eletrônica
- ☐ propriedades mecânicas

☐ (continua)

•33

ROTEIRO PARA ANÁLISE DE ESTRUTURAS

**4 – Inspeção detalhada
com ensaios em
laboratório e campo**

- ☐ variação dimensional
- ☐ absorção capilar
- ☐ permeabilidade
- ☐ traço/composição
- ☐ porosidade
- ☐ sais solúveis
- ☐ agentes agressivos

•34

ROTEIRO PARA ANÁLISE DE ESTRUTURAS

5 – Diagnóstico (origem do problema, sintomas, agentes causadores, mecanismo)

- ☐ Planejamento inadequado
- ☐ Projeto errado ou omissos
- ☐ Materiais e componentes inadequados
- ☐ Execução e controle insatisfatórios
- ☐ Utilização (operação e manutenção) inadequada

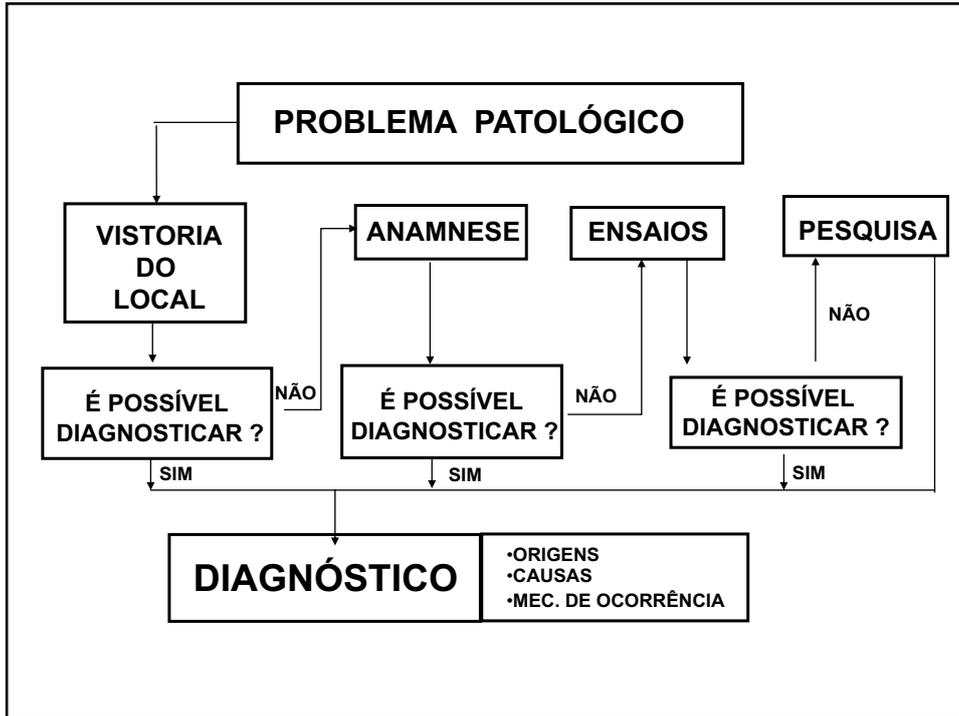
•35

ROTEIRO PARA ANÁLISE DE ESTRUTURAS

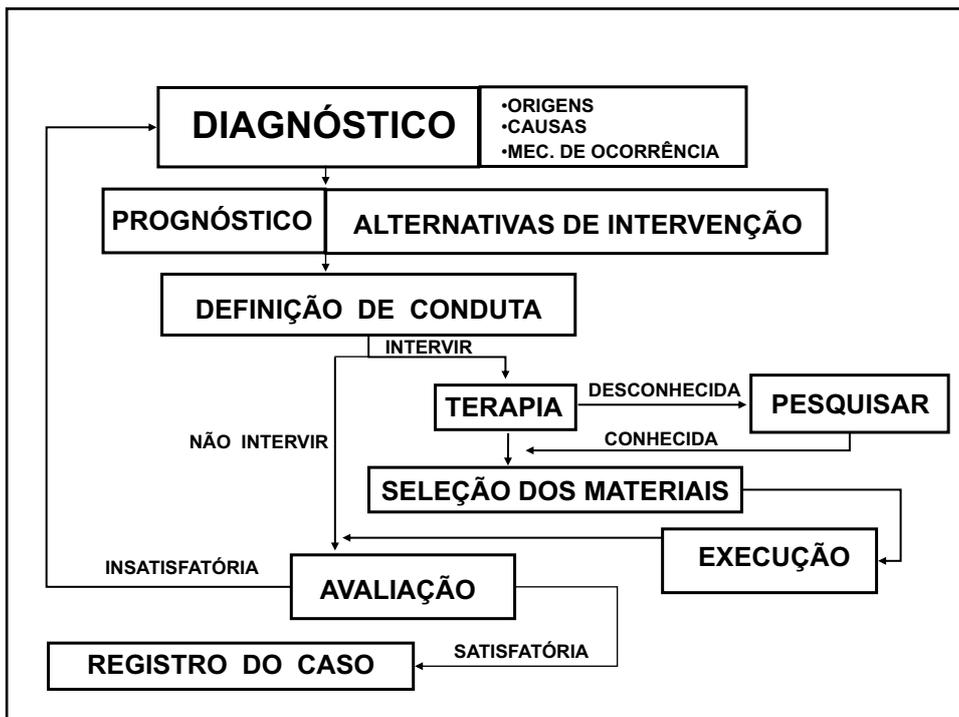
6 - RECOMENDAÇÕES

- ☐ Medidas de segurança
- ☐ Reparos
- ☐ Reabilitação, recuperação
- ☐ Reforço
- ☐ Proteção
- ☐ Uso com restrições
- ☐ Demolição
- ☐ Medidas preventivas

•36



•37



•38

Nº	Sintoma	Causa	Origem	Mecanismo/Fenômeno
1	Corrosão de Armaduras	Fissuras do concreto	Projeto/Execução	Reação Expansiva do ferro com O ₂ e H ₂ O
		Carbonatação do concreto	Projeto/Materiais/Execução	
		Agentes Agressivos	Projeto/Execução/Materiais/Us	
2	Deformação Excessiva	Sobrecargas	Projeto/Execução/Materiais/Us	Flechas excessivas devidas à deformação lenta
		Peso Próprio	Projeto/Execução/Materiais	
3	Descamação, esfoliação, desagregação expansão	Álcalis do cimento	Materiais	Reação Álcali-Agregado
		Agregado Reativos	Projeto/Materiais	Reações químicas de expansão
		Agentes Agressivos	Projeto/Execução/Materiais/Us	Movimentação térmica, reações químicas expansivas
		Fogo, altas temperaturas	Projeto/Us	

•39

Nº	Sintoma	Causa	Origem	Mecanismo/Fenômeno
4	Fissuras ativas	Sobrecargas	Projeto/Execução/Materiais/Us	Ação de momento fletor
	Vertical	Variação de temperatura	Projeto/Execução/Materiais/Us	Dilatação Térmica
		Variação de U.R.	Projeto/Execução/Materiais/Us	Retração e expansão do concreto
	Inclinada	Sobrecargas	Projeto/Execução/Materiais/Us	Cizalhamento ou torção
5	Fissuras passivas	Sobrecarga	Us	Momento fletor excessivo e temporário
	vertical			
	inclinada	Sobrecarga	Us	Esforços de cizalhamento ou torção temporários
	superficial	Temp. e U.R.	Execução	Retração de secagem superficial
6	Ninhos, segregação execução	Altura de lançamento	Materiais/Execução	Separação Física dos constituintes do concreto
		Excesso de armaduras		
		Excesso de água		
		Falta de adensamento		
7	Manchas	Fungos e bactérias	Projeto/Us	Colônias de micro-organismos

•40

Origem das manifestações patológicas de estruturas de concreto								
N.º	Origem	Causa	Mecanismo / Fenômeno	Sintomas				
				Fisuras	Corrosão de armadura	Deformação excessiva	Esfoliação / desagregação	Ninhos e manchas
1	Concepção	bactérias, fungos	colônia de microorganismos				X	X
		baixa ventilação e isolamento térmica	condensação / ponto de orvalho				X	X
		rigidez excessiva	esforços de tração	X				
2	Projeto	carga subestimada	cisalhamento, torção, flexão	X		X		
		movimentação da estrutura subestimada	retração, expansão e dilatação térmica	X				
		tensão admissível no solo superestimada	recalques	X				
		excesso de armadura	separação dos constituintes do concreto	X				X
3	Materiais	agregado graúdo com dimensão excessiva	não preenchimento do molde					X
		excesso de água	carbonatação / porosidade		X		X	X
		agentes agressivos	reações químicas		X			
		resistência insuficiente	baixa capacidade portante	X		X		

•41

Origem das manifestações patológicas de estruturas de concreto								
N.º	Origem	Causa	Mecanismo / Fenômeno	Sintomas				
				Fisuras	Corrosão de armadura	Deformação excessiva	Esfoliação / desagregação	Ninhos e manchas
4	Execução	Lançamento inadequado	separação dos constituintes do concreto					X
		adensamento insuficiente	separação dos constituintes do concreto					X
		cura insatisfatória	dessecação superficial	X				
		junta de concretagem	baixa aderência	X				
5	Uso	Sobrecargas	flexão, torção, cisalhamento	X		X		
		agentes agressivos	reações químicas		X			
		bactérias, fungos	colônia de microorganismos				X	X

•42