



INSTITUTO  
SUPERIOR  
TÉCNICO

DECivil

# Reabilitação Planeada de Obras de Arte Rodoviárias

Jorge de Brito

Professor Catedrático IST / ICIST

REABILITAR

HABITAR

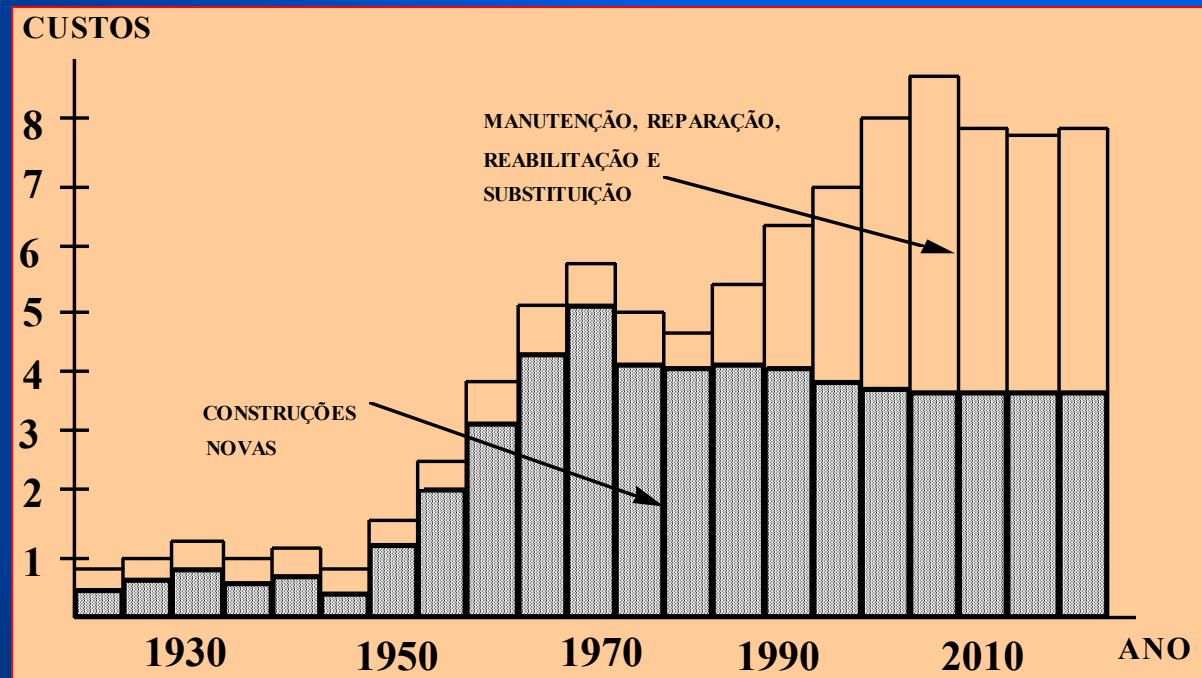


INSTITUTO  
SUPERIOR  
TÉCNICO

DECivil

# GESTÃO DE OBRAS DE ARTE

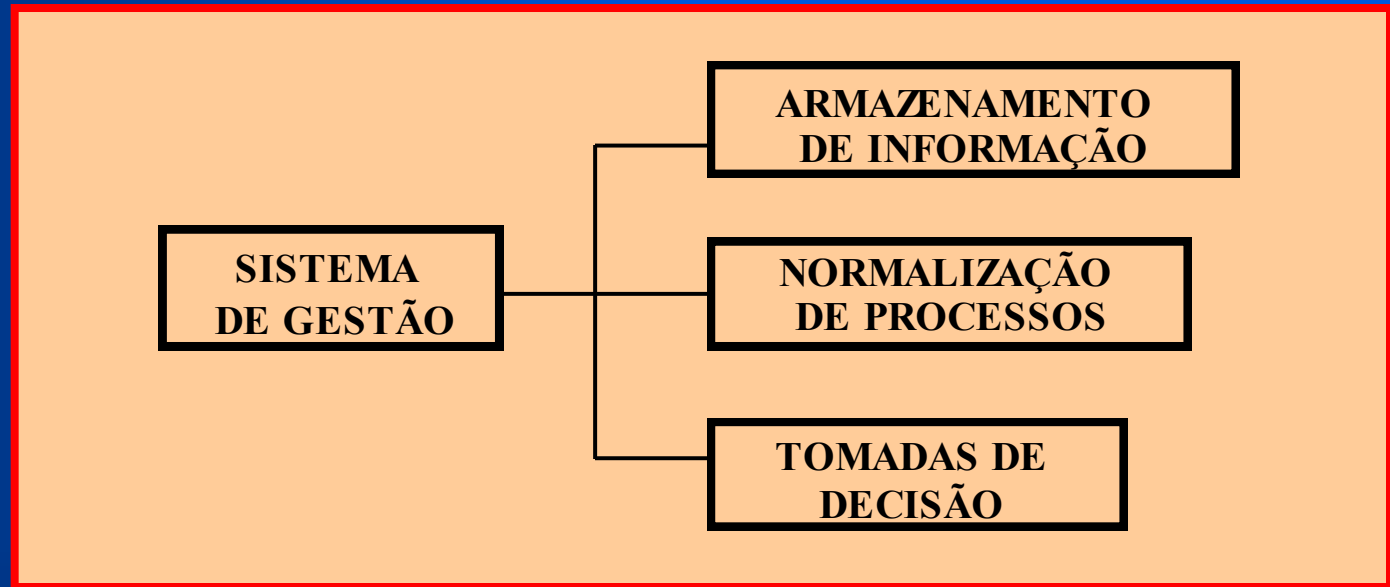
(“Manutenção” *versus* novas obras de arte)





# GESTÃO DE OBRAS DE ARTE

## (Sistema de gestão)





INSTITUTO  
SUPERIOR  
TÉCNICO

DECivil

# GESTÃO DE OBRAS DE ARTE

## (armazenamento de informação)

- dossier de obra (toda a informação; suporte: papel);
- base de dados (informação seleccionada; catálogos de informação; suporte: informático).



# GESTÃO DE OBRAS DE ARTE

## (normalização de processos)

- na inspecção (manuais de inspecção; sistema classificativo; fichas de anomalia e reparação; fichas de identificação, informação gráfica e de inspecção);
- manutenção / reparação / reabilitação (classificação das anomalias; análises económicas).



# GESTÃO DE OBRAS DE ARTE

## (tomadas de decisão)

- manutenção;
- estratégia de inspecção;
- selecção do trabalho de reabilitação / substituição.

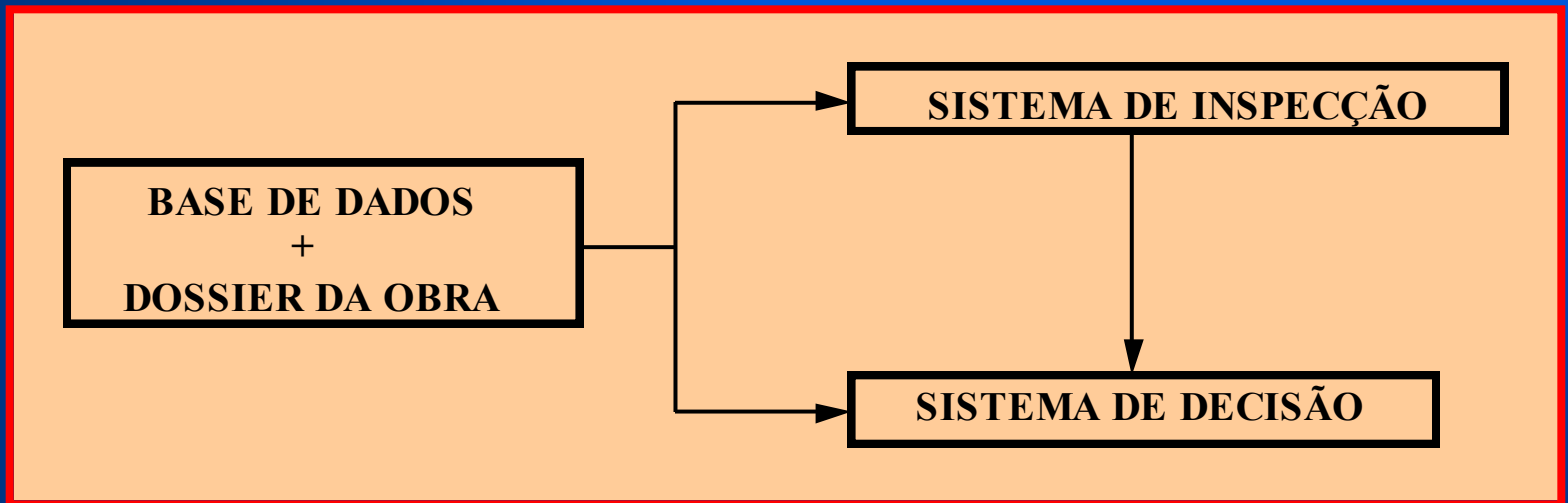


INSTITUTO  
SUPERIOR  
TÉCNICO

DECivil

# GESTÃO DE OBRAS DE ARTE

## (Sistema de gestão)





INSTITUTO  
SUPERIOR  
TÉCNICO

DECivil

# INSPECCÃO DE OBRAS DE ARTE

(alguns objectivos)

- maximizar a utilidade da informação obtida;
- fornecer informação objectiva;
- permitir decisões racionais na manutenção / reparação;
- ser pouco onerosa.



# INSPECCÃO DE OBRAS DE ARTE

(vectores de desenvolvimento)

- formação do pessoal;
- elaboração de manuais de inspecção;
- criação de um sistema classificativo das ocorrências;
- gestão de uma base de dados informatizada;
- aferição de procedimentos.



# INSPECÇÃO DE OBRAS DE ARTE

(como inicializar o processo)

- Errado: iniciar campanhas de inspecção de obras de arte sem relação entre si, levadas a cabo por múltiplas entidades exteriores à concessionária ⇒ que fazer com a informação?
- Certo: elaborar manual de inspecção, informatizar a informação disponível, preparar ferramentas de relato de inspecções e aferir sistema ⇒ informação objectiva ⇒ maximização de benefícios



# INSPECCÃO DE OBRAS DE ARTE

(algumas contas simples)

- ✓ custo de manutenção / reabilitação anual  $\approx 2\%$  do custo inicial;
- ✓ vida útil expectável  $\approx 50$  anos;
- ✓ em breve, por cada nova obra de arte construída por ano existirão 50 já construídas;



- ✓ é preciso “pagar” a obra de arte uma 2ª vez;
- ✓ orçamento para manutenção / reabilitação  $\approx$  orçamento para construção.



INSTITUTO  
SUPERIOR  
TÉCNICO

DECivil

# INSPECÇÃO DE OBRAS DE ARTE

(estratégia de inspecção)

- inspecções correntes;
- inspecções detalhadas;
- avaliações estruturais;
- caracterização inicial da ponte.



INSTITUTO  
SUPERIOR  
TÉCNICO

DECivil

# INSPECÇÃO DE OBRAS DE ARTE

(inspecção corrente)

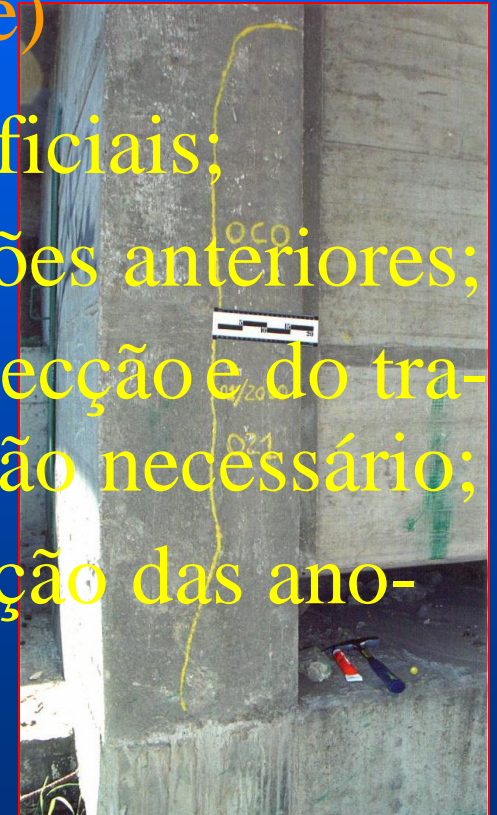
- observação visual directa;
- periodicidade: 15 meses;
- visitas *impromptu* ou parciais;
- planeamento e meios simples de acesso;
- duas pessoas (técnico experiente);
- equipamento portátil.



# INSPECÇÃO DE OBRAS DE ARTE

(inspecção corrente)

- evolução das anomalias superficiais;
- análise das fichas das inspecções anteriores;
- preenchimento da ficha de inspecção e do trabalho de manutenção / reparação necessário;
- registo, referência e classificação das anomalias;
- fotos, vídeo e esquemas.





# INSPECÇÃO DE OBRAS DE ARTE

(inspecção detalhada)

- observação visual directa;
- periodicidade: 5 anos;
- visita preliminar e aumento da frequência;
- ensaios in-situ não destrutivos;
- meios de acesso especiais;
- equipa com engenheiro especialista.



INSTITUTO  
SUPERIOR  
TÉCNICO

DECivil

# INSPECÇÃO DE OBRAS DE ARTE

(inspecção detalhada)

- observação generalista de toda a ponte;
- informação para eventual avaliação estrutural e para futuras inspecções;
- preenchimento das mesmas fichas;
- relatório dos ensaios e da monitorização.



# INSPECCÃO DE OBRAS DE ARTE

(avaliação estrutural)

- resulta da detecção de uma anomalia estrutural ou funcional grave;
- precede um reforço ou alargamento;
- segue-se a acontecimentos fora do vulgar;
- por definição, não periódica;
- muito detalhada mas circunscrita.



INSTITUTO  
SUPERIOR  
TÉCNICO

DECivil

# INSPECCÃO DE OBRAS DE ARTE

(avaliação estrutural)

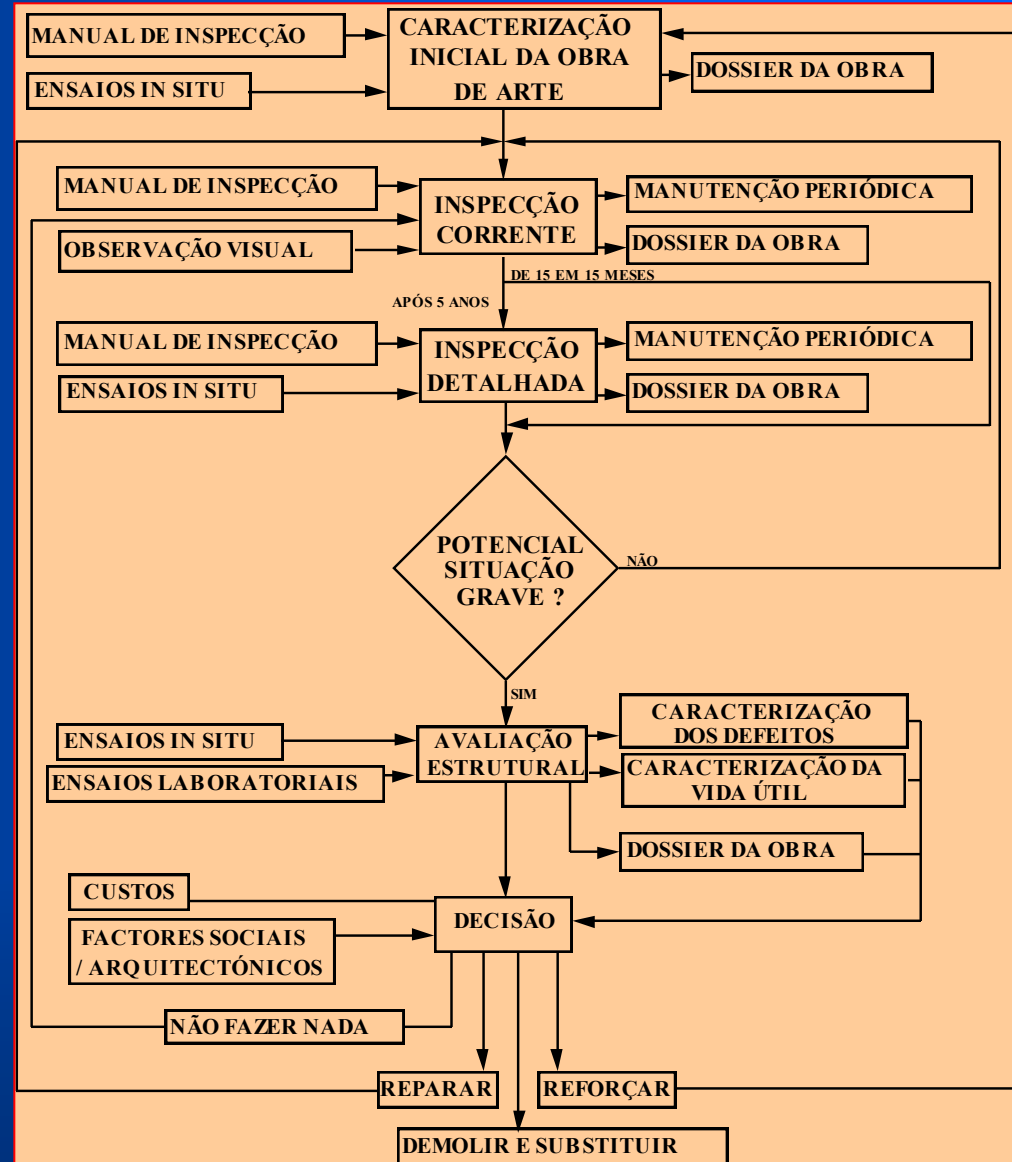
- meios de acesso especiais;
- ensaios in-situ e laboratoriais e apoio da monitorização; ensaios de carga;
- equipa muito especializada;
- visitas preliminares;
- controlo do tráfego.



# INSPECÇÃO DE OBRAS DE ARTE

(caracterização inicial da ponte)

- estado de referência;
- logo após a construção;
- na implementação do sistema de inspecção;
- após grandes trabalhos estruturais;
- meios de acesso especiais; ensaios de carga;
- equipa muito especializada.





# FASE PÓS-INSPECÇÃO

(alguns objectivos)

- armazenar eficazmente a informação obtida;
- pós-processar essa mesma informação;
- tomar decisões racionais na manutenção / reparação, tendo em conta a limitação de recursos.



# FASE PÓS-INSPECÇÃO

(vectores de desenvolvimento)

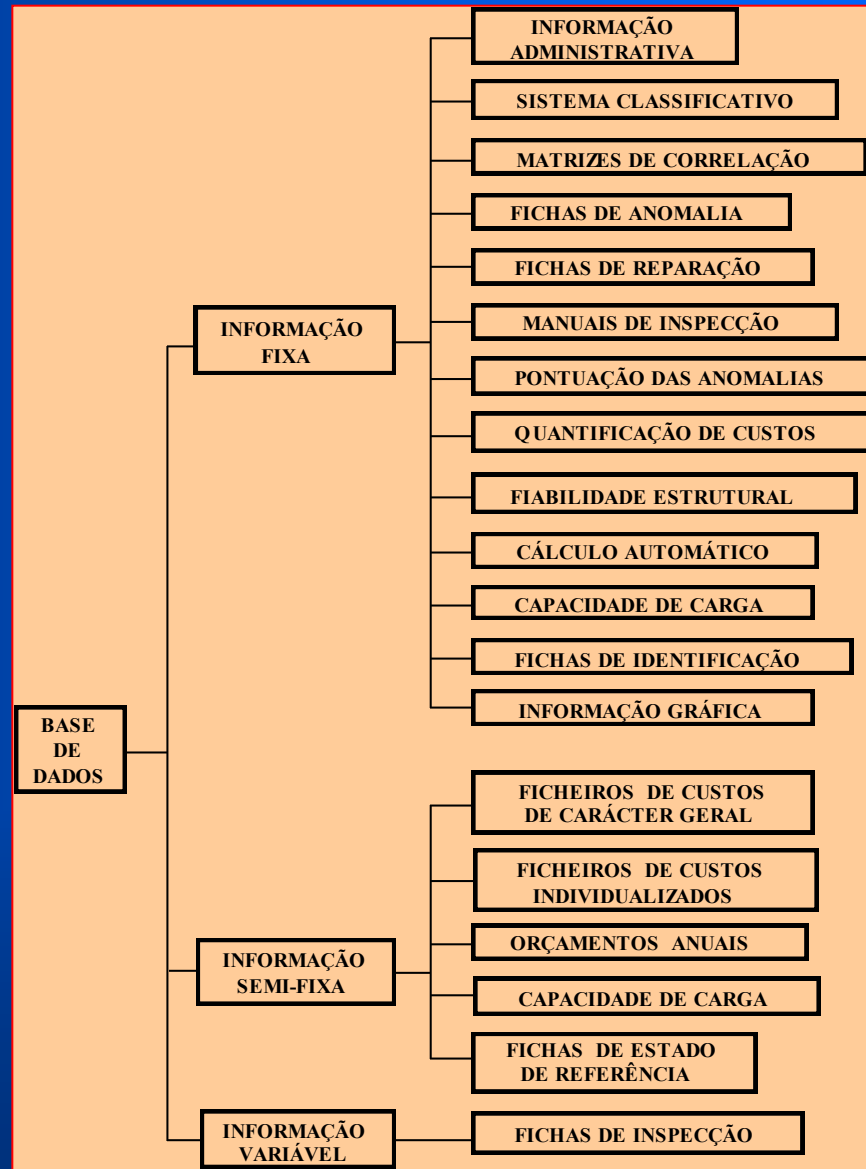
- criação de uma base de dados informatizada;
- implementação de um sistema eficaz e seguro de armazenamento de informação / projectos em suporte clássico (papel);
- criação de um sistema de decisão ao nível da manutenção corrente e ao da reparação estrutural.



# BASE DE DADOS

## (Organização geral)

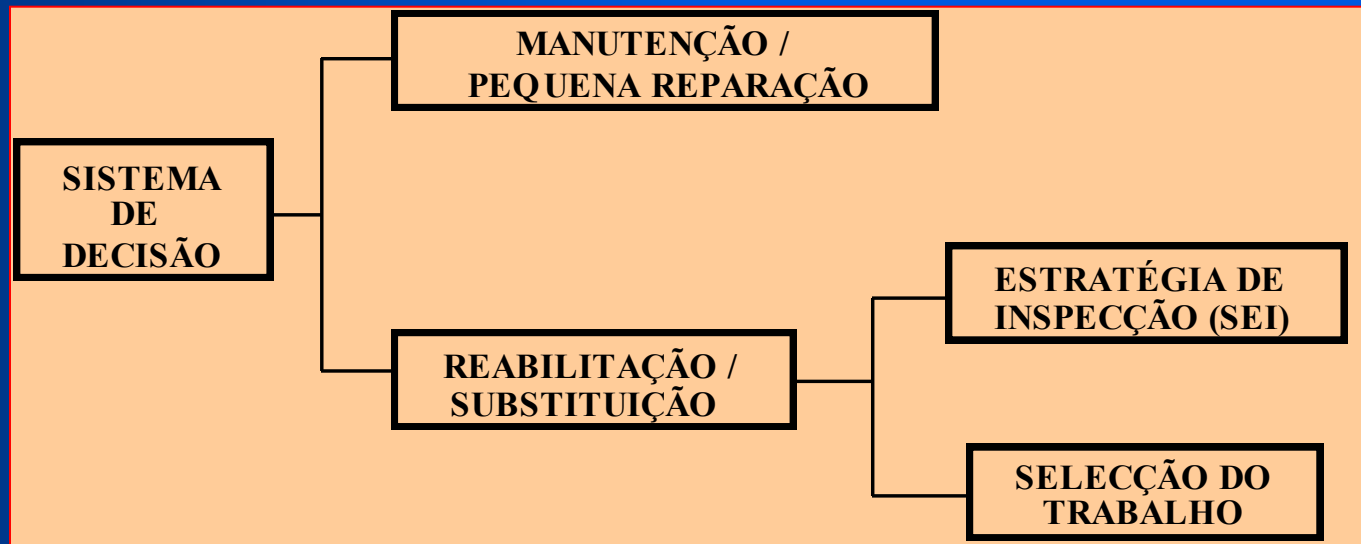
- módulo de referência relativo às obras de arte;
- módulo de referência do sistema;
- módulo de apoio à inspecção e à manutenção / reabilitação.





# SISTEMA DE DECISÃO

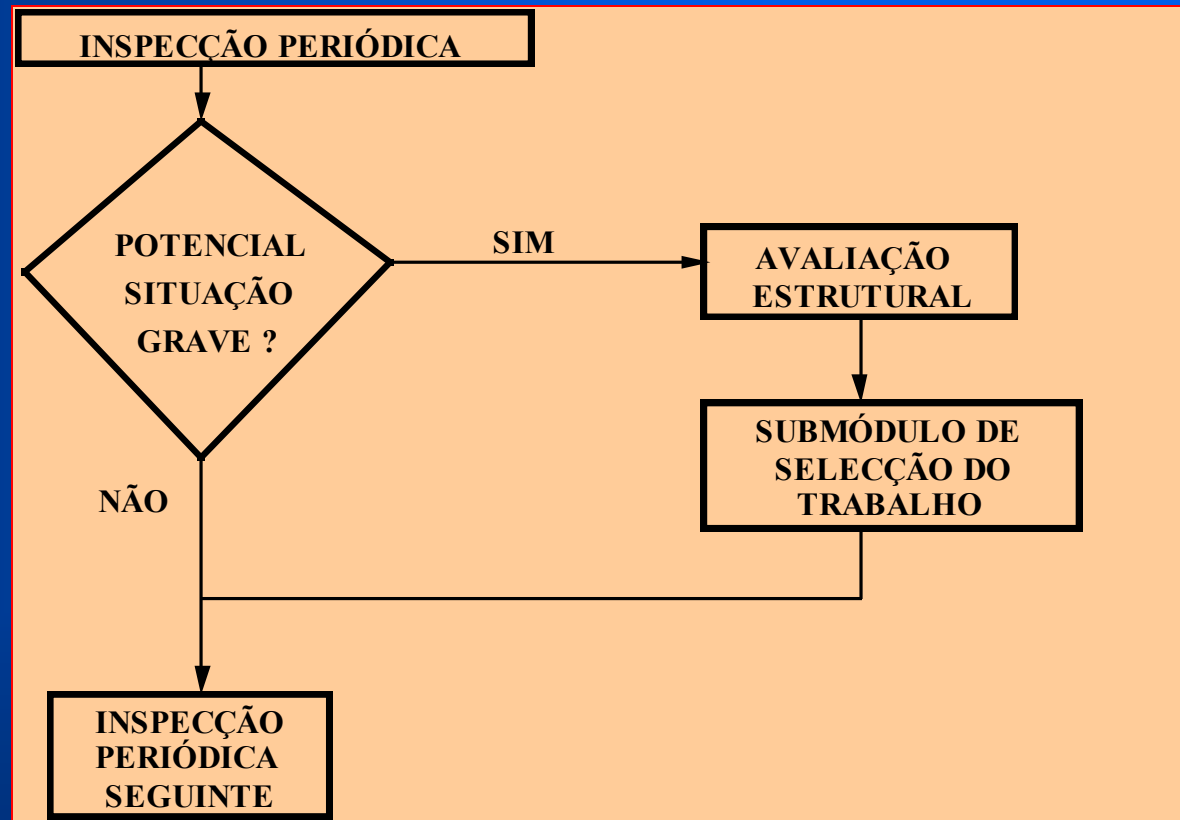
## (organização geral)





# SISTEMA DE DECISÃO

## (organização geral)





# SISTEMA DE DECISÃO

## (submódulo de selecção do trabalho)

- ✓ não fazer nada (eventualmente impondo limites de utilização);
- ✓ reparar (reconstituir a capacidade estrutural inicial);
- ✓ reforçar a estrutura;
- ✓ alargar o tabuleiro (em geral, com reforço da estrutura);
- ✓ demolir e substituir por uma nova ponte;
- ✓ manter a obra de arte existente e construir uma nova em paralelo.

A decisão final deve passar sempre pelo responsável do sector  
que a tomará com base no seu bom senso e experiência.

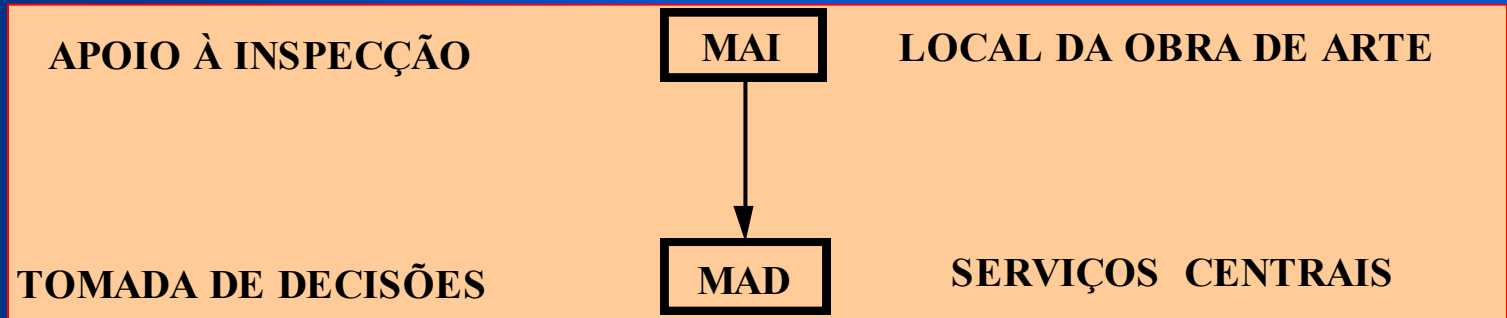


INSTITUTO  
SUPERIOR  
TÉCNICO

DECivil

# SISTEMA DE DECISÃO

(módulos computadorizados)





# MANUTENÇÃO CORRENTE

(manutenção ou reparação?)

Existem dois níveis de gestão: nível rotineiro (manutenção corrente) e quando é detectada uma deficiência estrutural ou funcional de média ou grande importância.

Na manutenção, recorre-se a técnicas não estruturais (classificação), não existe uma análise económica a longo prazo nem um estudo de viabilidade estrutural (ou uma avaliação estrutural).



# MANUTENÇÃO CORRENTE

## (sistema de rateio de anomalias)

Mesmo na manutenção corrente, os recursos são escassos; daí que se torne necessário seleccionar quais os trabalhos com maior urgência através da gravidade das anomalias que os mesmos irão colmatar.

Para isso, recorre-se à classificação da anomalia, tal como se encontra especificada na respectiva ficha de anomalia.

# FICHA DE ANOMALIA



INSTITUTO  
SUPERIOR  
TÉCNICO

DECivil

## ASPECTOS A INSPECCIONAR:

- cor da ferrugem negra: (origem provável: iões cloro=>maiores perdas de secção) ou avermelhada (origem provável: carbonatação=>menor perigo)
- estado de corrosão dos varões vizinhos
- aderência do recobrimento
- carbonatação, presença de iões cloro, infiltrações de água
- estado da estanqueidade
- fissuração na zona observada
- deformações
- estado do sistema de drenagem
- proximidade do mar
- utilização no presente ou no passado de sais anti-congelantes

## PARÂMETROS DE INSPECÇÃO:

- cor predominante da ferrugem: negra (S/N) / avermelhada (S/N)
- localização da secção com perda de área de varão: zona de esforços máximos (S/N)  
zonas intermédias (S/N)
- perda máxima localizada de secção: ( % )

## CLASSIFICAÇÃO DA ANOMALIA:

### Em termos de Urgência de Actuação

- 0 - ferrugem predominantemente negra em zona(s) de esforços máximos com perda máxima localizada de secção superior a x %
- 1 - ferrugem predominantemente negra em zona(s) de esforços máximos com perda máxima localizada de secção inferior a x %
- 2 - ferrugem predominantemente negra em zonas intermédias
- 3 - ferrugem predominantemente avermelhada

### Em termos de Importância para a Estabilidade da Estrutura

- A - varão pertencente ao tabuleiro, vigas principais, pilares, encontros e fundações
- C - varão pertencente ao guarda-corpos, guarda-rodas, revestimento do passeio e lajes de transição

### Em termos do Volume de Tráfego Afectado pela Anomalia

- g - assumindo que esta anomalia não perturba o normal funcionamento do tráfego



# MANUTENÇÃO CORRENTE

## (critérios de decisão)

- todas as anomalias detectadas na inspecção classificadas nos grupos 0 ou 1 em termos de urgência de actuação, devem levar a uma estimativa grosseira, feita pelo inspector, dos trabalhos de manutenção necessários para as colmatar e respectivas quantidades;
- todas as anomalias classificadas nos grupos 1 e 2 de prioridade de actuação, devem também ser objecto de estudo semelhante (arranjar informação detalhada);

# MANUTENÇÃO CORRENTE

## (critérios de decisão)

- deve-se actuar em primeiro lugar na obra de arte que tenha a anomalia mais pontuada; serão colmatadas na mesma obra de arte todas as anomalias do mesmo tipo (ainda que menos pontuadas) e todas as anomalias que a entidade gestora considere poderem também ser eliminadas com o mesmo equipamento e mão de obra de forma económica; esta selecção deve ser introduzida na base de dados (“Trabalho de Manutenção Necessário”);
- os custos totais relacionados com as tarefas acima referidas serão deduzidos do orçamento global disponível;
- deve-se actuar seguidamente na obra de arte que tenha a segunda anomalia mais pontuada e assim sucessivamente.





INSTITUTO  
SUPERIOR  
TÉCNICO

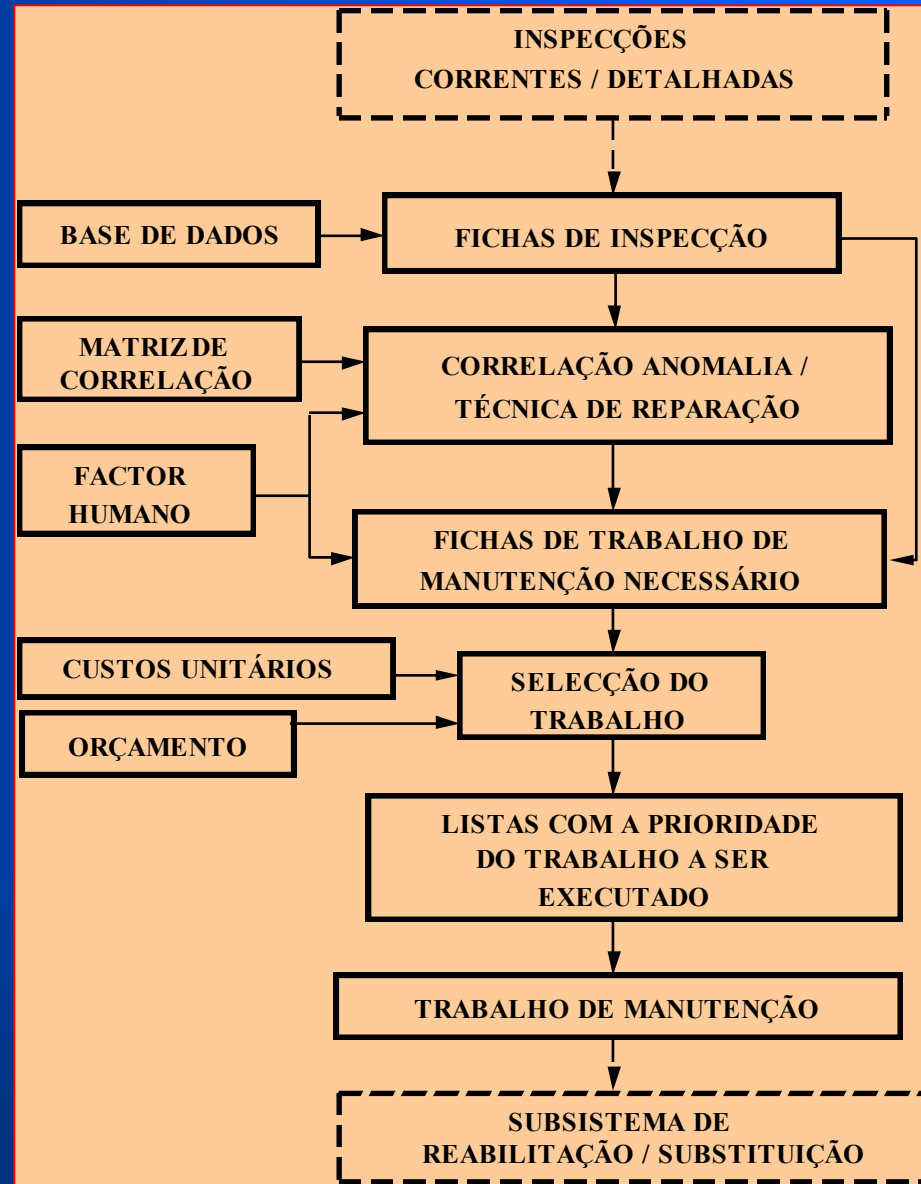
DECivil

# MANUTENÇÃO CORRENTE

(critérios de decisão)

Este sistema de classificação funciona como um elemento de consulta para a decisão final.

Esta é **SEMPRE** da responsabilidade do inspector!



# SUBSISTEMA DE REABILITAÇÃO / SUBSTITUIÇÃO

- a) existe um conjunto de construções que é regularmente inspeccionado;
- b) um determinado número de entre estas têm anomalias estruturais ou funcionais importantes;
- c) idealmente, cada uma destas construções foi objecto de uma avaliação estrutural em que as anomalias foram não só identificadas mas também quantificadas; a avaliação estrutural fornece uma lista de trabalhos necessários (o anexo “Trabalho de Reparação Necessário” da ficha de inspecção respectiva na base de dados) para restaurar as características originais da construção;
- d) para cada uma das construções, devem ser identificadas as insuficiências de serviço actuais e futuras; devem ser estudadas soluções para eliminar essas insuficiências, o que obriga à preparação de estudos preliminares de tráfego (em pontes) e estruturais;



# SUBSISTEMA DE REABILITAÇÃO / SUBSTITUIÇÃO

**e) idealmente, quando a decisão tiver de ser tomada, deve-se possuir toda a seguinte informação sobre as construções incluídas na análise:**

- **uma estimativa dos trabalhos de reparação necessário de acordo com as fichas de reparação; por multiplicação de cada tarefa pelo respectivo preço unitário, obtém-se uma estimativa grosseira do custo da operação;**
- **uma estimativa dos trabalhos de melhoramento necessários e um orçamento aproximado preparado pelo departamento gestor;**
- **uma proposta para substituição da construção existente (se essa for uma possibilidade em estudo) com dimensões aproximadas e um orçamento grosseiro da nova construção;**
- **para cada uma destas opções, deve ser estudada mais que uma solução; se para tal houver tempo, o estudo de mais soluções fornecerá, em princípio, uma solução melhor.**



# SUBSISTEMA DE REABILITAÇÃO / SUBSTITUIÇÃO

A decisão não deve ser baseada unicamente nos custos imediatos da opção (isto é, menores custos  $\Rightarrow$  melhor solução) mas deve também entrar em linha de conta com os benefícios que daí possam advir; o objectivo é maximizar benefícios - custos (ou minimizar custos - benefícios) e não apenas minimizar custos.

$$CEI = \frac{(C_R + C_F - B)_{\text{reparar}}}{(C_R + C_F - B)_{\text{nada fazer}}}$$

$C_R$  - CUSTOS DE REPARAÇÃO [\$];

$C_F$  - CUSTOS DE ROTURA [\$];

$B$  - BENEFÍCIOS [\$].



# SUBSISTEMA DE REABILITAÇÃO / SUBSTITUIÇÃO

$$C_R = C_{RSA} + C_{RSR}$$

$C_{RSA}$  - CUSTOS DA AVALIAÇÃO ESTRUTURAL [\$];

$C_{RSR}$  - CUSTOS DE REPARAÇÃO ESTRUTURAL [\$].

$$RL_2 = SL_2 - RL_1$$

$RL_2$  - VIDA ÚTIL RESIDUAL DO ELEMENTO APÓS A PASSAGEM DO TEMPO  $RL_1$ , CASO A OPÇÃO DE REPARAR SEJA ESCOLHIDA NO INSTANTE DA DECISÃO [ANO];

$SL_2$  - VIDA ÚTIL ESPERADA DO ELEMENTO CASO A OPÇÃO DE REPARAR SEJA A ESCOLHIDA [ANO];

$RL_1$  - VIDA ÚTIL RESIDUAL DO ELEMENTO CASO SE OPTE POR NADA FAZER [ANO].

$$C_F = C_{FSF} + C_{FFF}$$

$C_{FSF}$  - CUSTOS DE ROTURA ESTRUTURAL [\$];

$C_{FFF}$  - CUSTOS DE ROTURA FUNCIONAL [\$].



# SUBSISTEMA DE REABILITAÇÃO / SUBSTITUIÇÃO

**É possível obter um índice CEI para cada técnica de reparação considerada plausível para um determinado tipo de anomalia da construção; a opção com o valor máximo do CEI é, em princípio, a melhor escolha.**

**Este critério de selecção dos trabalhos a efectuar é susceptível de ser generalizado para um edifício considerado como um todo (em que se trabalha com um conjunto de anomalias em vez de uma anomalia isolada) e mesmo para um conjunto de edifícios de um mesmo dono.**

**Subjacente ao método, existe o conceito de rateio da reabilitação a implementar em face de orçamentos limitados.**



INSTITUTO  
SUPERIOR  
TÉCNICO

DECivil