



**FCTUC DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

# **Inspeção de um Conjunto de Pontes e Utilização de um Sistema de Gestão**

Relatório apresentado para cumprimento dos requisitos da unidade curricular “Dissertação em Reabilitação Estrutural I” do Curso de Mestrado em Reabilitação de Edifícios

Autor

**João Pedro de Oliveira Graça**

Orientadores

**Cristina Margarida Rodrigues Costa**

**Anísio Alberto Martinho Andrade**

Este relatório é da exclusiva responsabilidade do seu autor, não tendo sofrido correcções após a defesa em provas públicas. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer responsabilidade pelo uso da informação apresentada

**Coimbra, Julho, 2016**

## ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 ENQUADRAMENTO GERAL DA TEMÁTICA.....	2
2.1 Considerações iniciais.....	2
2.2 Considerações gerais sobre inspeção e manutenção de pontes.....	3
2.3 Considerações gerais sobre sistemas de gestão de pontes.....	3
2.4 Contexto nacional sobre inspeção, gestão e manutenção de pontes.....	4
2.5 Identificação do problema a estudar.....	4
3 OBJETO DE ESTUDO E OBJETIVOS DO TRABALHO A DESENVOLVER.....	5
3.1 Objeto de estudo.....	5
3.2 Objetivos do trabalho a desenvolver.....	5
4 METODOLOGIA DO TRABALHO A DESENVOLVER E RECURSOS NECESSÁRIOS.....	6
4.1 Metodologia do trabalho a desenvolver .....	6
4.2 Recursos necessários.....	6
5 PLANO DE TRABALHOS.....	8
5.1 Planificação do trabalho a executar.....	8
6 COMENTÁRIO SOBRE ALGUMAS REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	9
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11

## 1 INTRODUÇÃO

O tempo de vida útil estimado para uma ponte deve ser de 100 anos conforme mencionado no Eurocódigo – Bases para o projeto de estruturas (NP EN 1990, 2009). Presumindo-se que durante esse período a estrutura não necessite de intervenções profundas. No entanto, para que a estrutura possa atingir essa durabilidade é necessário implementar ações de inspeção e manutenção durante o período de vida útil.

Nos últimos anos as inspeções têm revelado um nível elevado de deterioração no parque de pontes em todo o mundo e as áreas de manutenção e reparação têm crescido de importância. Por outro lado, o número de veículos pesados em circulação tem registado um aumento significativo. Esta situação sucede particularmente em estradas secundárias onde existem infra-estruturas antigas, mas também em vias locais que têm atraído um volume elevado de veículos que ultrapassa em muito a capacidade para a qual muitas pontes foram dimensionadas (Harding *et al.*, 1990).

Se é verdade que as entidades centrais do estado responsáveis pela gestão e manutenção de pontes, quer estas sejam da rede ferroviária quer sejam da rede viária, já dispõem de ferramentas de gestão de obras de arte e de toda uma cultura de inspeção e manutenção periódicas e de normalização de procedimentos, o mesmo não sucede em relação à generalidade dos municípios portugueses, responsáveis pela gestão e manutenção das pontes pertencentes às vias desclassificadas e às vias locais. É, pois, necessário implementar, a nível municipal, uma metodologia de gestão de obras de arte que normalize os procedimentos de inspeção, de tratamento de dados e de manutenção, com vista a manter estas infra-estruturas em condições de segurança.

## 2 ENQUADRAMENTO GERAL DA TEMÁTICA

### 2.1 Considerações Iniciais

A duração da vida útil das pontes depende de diversos fatores. A deterioração dos materiais constituintes, as anomalias de funcionamento do sistema estrutural e as deficiências nas condições de serviço são determinantes, em particular para a diminuição dos níveis de qualidade e segurança. Em geral considera-se que a vida útil de uma ponte termina quando os benefícios obtidos da exploração são ultrapassados pelos custos funcionais e de manutenção (Branco, 2001).

As razões da degradação estrutural podem resultar de erros de projeto, falta de controlo de qualidade durante a construção e ainda do aumento da poluição e, no caso particular de pontes rodoviárias, do aumento de tráfego e da falta de realização de inspeções e manutenções periódicas.

Uma estrutura poderá ser considerada durável se ao longo da sua vida útil, mantiver a sua integridade sem necessidade de grandes intervenções de conservação e de reparação. A durabilidade não é uma propriedade intrínseca das estruturas ou dos materiais, mas sim uma função relacionada com o seu desempenho sob determinadas condições ambientais e de utilização. O envelhecimento destas resulta das alterações das propriedades mecânicas, físicas e químicas, tanto na superfície como no seu interior, em grande parte devido à agressividade do meio ambiente (Cruz *et al.*, 2009).

Desde a década de 80 do século passado, fruto das verbas disponibilizadas pela integração na Comunidade Económica Europeia, executou-se um ambicioso conjunto de infra-estruturas viárias. Estas infra-estruturas estão dotadas, de uma maneira geral, com obras de arte projetadas e construídas de acordo com a atual legislação, (RSA e REBAP) e encontram-se no período inicial de vida útil. Porém, a rede de estradas nacionais que servia o país até à referida década de 80 encontra-se ainda em serviço, tendo sido edificada ao longo de décadas pela então Junta Autónoma de Estradas. Esta rede integra pontes em alvenaria, em aço e em betão armado e pré-esforçado. Em particular, as obras de arte em betão abrangem todas as épocas desde que se iniciou o uso deste material estrutural até aos dias de hoje. Assim, encontram-se pontes calculadas de acordo com o regulamento de 1918 (Regulamento para o emprego do Beton Armado), pontes projetadas de acordo com o regulamento de 1935 (Regulamento de Betão Armado), de acordo com o prescrito no Regulamento de Estruturas de Betão Armado de 1967 e no Regulamento de Solicitações de Edifícios e Pontes de 1961, até às obras que foram concebidas com a regulamentação atualmente em vigor. Relativamente às pontes de alvenaria, algumas centenárias e muitas do início do século XX, muitas foram sendo

reabilitadas e alargadas com recurso ao betão armado. Por fim, não será de esquecer um número muito significativo de pontes metálicas, de diferentes épocas, que ainda se encontram em uso (Cardoso, 2009).

Do exposto, constata-se que as obras de arte integradas no plano rodoviário 2000 se encontram numa fase inicial de vida útil, são essencialmente em betão armado pré-esforçado e foram executadas de acordo com a legislação atualmente em vigor (Cardoso, 2009). Relativamente a este parque de obras de arte, de uma forma geral bastará executar as inspeções de rotina com uma periodicidade trienal para acompanhar de uma forma eficaz o seu comportamento do ponto de vista da segurança (Cardoso, 2009). Porém, nas obras de arte integradas em estradas nacionais, algumas já desclassificadas e outras ainda que se pretendem desclassificar, a realidade é bem diferente, sendo necessário ter presente a especificidade destas obras bem como o seu enquadramento administrativo para se poder proceder a um acompanhamento eficaz (Cardoso, 2009). Neste caso há que notar que o parque de pontes é muito heterogéneo no que se refere à idade, tipologia ou condição e que os procedimentos implementados ao nível municipal para a gestão das infra-estruturas não estão uniformizados.

## **2.2 Considerações gerais sobre inspeção e manutenção de pontes**

Nos últimos anos tem-se assistido a um crescente desenvolvimento de uma preocupação para a conservação de pontes, impulsionada por diversos fatores como, o considerável aumento do número de infra-estruturas, o envelhecimento do parque de pontes e a ocorrência de alguns acidentes graves (Cruz *et al.*, 2009).

O reconhecimento da importância da gestão da conservação de pontes tem já um longo historial em Portugal. Efetivamente, já o primeiro regulamento português para “Projetos Provas e Vigilância de Pontes Metálicas”, datado de 1897, dedicava uma percentagem significativa do seu conteúdo à gestão, conservação, inspeção e provas de carga, tanto estáticas como dinâmicas (Cruz *et al.*, 2009).

A inspeção de pontes deve decorrer de acordo com um conjunto de procedimentos normalizados por forma a maximizar a qualidade e utilidade da informação obtida com os escassos recursos disponíveis. Para se poder selecionar as tarefas de manutenção e reparação que efetivamente são mais prementes, essa informação deve ser o mais objetiva possível, não depender da equipa de inspeção e poder ser facilmente confirmada por outros protagonistas (Brito, 2001).

## **2.3 Considerações gerais sobre sistemas de gestão de pontes**

A maioria dos países da Europa e América, e Portugal não é exceção, tem implementado um programa sistemático de inspeções (avaliação da condição) que serve de base a políticas de manutenção e conservação. Tais inspeções são suportadas por meio de documentação

(manuais de inspeção) e a informação obtida é organizada e tratada com programas informáticos designados por sistemas de gestão de pontes (Jacinto *et al.*, 2009)

Os sistemas de gestão de pontes informatizados, ao permitirem a organização rápida dos dados e fornecer informações de modo uniformizado, não só aumentam a eficiência como diminuem os custos associados a estas tarefas. Porém, a última geração de sistemas de gestão de pontes (SGOA) não se limita apenas a gerir a inventariação dos dados. Com base em sistema de previsão de deterioração e metodologias de otimização, os SGOA conseguem processar os dados inseridos de modo a assistir a entidade na utilização racional dos recursos existentes e na calendarização de atividades de intervenção (Sousa, 2008).

## **2.4 Contexto nacional sobre a inspeção, gestão e manutenção de pontes**

Atualmente as entidades públicas e privadas responsáveis pela manutenção de obras de arte, resumidamente a Infraestruturas de Portugal, a Brisa e restantes entidades responsáveis por autoestradas, apresentam já uma cultura de inspeção e manutenção das obras de arte existentes, dispoindo para tal de sistemas de gestão de obras de arte. Presume-se assim que as pontes pertencentes às vias nacionais, as pontes pertencentes à rede de autoestradas e as pontes ferroviárias são objeto de inspeções e manutenções periódicas efetuadas no âmbito dos referidos sistemas de gestão.

Ao nível local, desconhece-se se algum município tenha em uso algum sistema de gestão de obras de arte, mas, a verificar-se, serão certamente situações pontuais.

## **2.5 Identificação do problema a estudar**

De uma forma geral verifica-se a existência de uma rede imensa de vias municipais, que estão dotadas de obras de arte mas relativamente às quais não é feita uma gestão que implique a realização de inspeções para avaliação do estado de conservação e de segurança de uma forma sistemática e regular.

Existe assim um vazio nesta matéria que urge colmatar. A perda de funcionalidade de uma determinada ponte e a interrupção do serviço por ela desempenhado, devido a anomalias ou falta de segurança, acarretam enormes prejuízos económicos e constrangimentos sociais que devem ser evitados, ou minimizados, pelas entidades responsáveis pela manutenção de obras de arte, das quais os municípios também fazem parte.

É, pois, necessário implementar ao nível municipal uma cultura de gestão de pontes, baseada em inspeções regulares, que permita hierarquizar e programar as intervenções necessárias com a devida antecedência.

### **3 OBJETO DE ESTUDO E OBJETIVOS DO TRABALHO A DESENVOLVER**

#### **3.1 Objeto de estudo**

O objeto de estudo do presente trabalho é um conjunto de pontes pertencentes à rede viária municipal do Concelho de Ourém, sobre as quais será efetuada uma campanha de inspeções de rotina, cujos resultados serão posteriormente tratados, analisados e avaliados com vista à tomada de decisões de intervenção.

#### **3.2 Objetivos do trabalho a desenvolver**

- Programar, regular e normalizar as tarefas de inspeção de pontes, de aquisição de informação e de registo dessa informação numa aplicação informática específica.
- Tratar a informação obtida nas inspeções de forma a hierarquizar e racionalizar as intervenções de manutenção a efectuar.
- Melhorar a programação das tarefas de manutenção deste tipo de estruturas;
- Implementar uma metodologia de gestão de pontes e melhorar significativamente todas as tarefas relacionadas com a gestão deste tipo de estruturas.

Com o alcance dos objectivos acima definidos existe a expectativa de conseguir sistematizar e normalizar todas as tarefas inerentes à gestão e manutenção do parque de pontes municipal, de forma a manter as infra-estruturas em bom estado de conservação e de segurança, que é o objectivo último do trabalho proposto.

## **4 METODOLOGIA DO TRABALHO A DESENVOLVER E RECURSOS NECESSÁRIOS**

### **4.1 Metodologia do trabalho a desenvolver**

- Sistematização de toda a informação recolhida no trabalho precedente de inventariação de pontes do Concelho de Ourém (Graça, 2001), assim como a realização de inspeções de rotina a algumas das pontes identificadas no inventário e que serão objeto de seleção criteriosa.
- Organização da base de dados com a informação associada a cada uma dessas pontes, de acordo com os critérios de identificação e classificação de pontes da base de dados americana, National Bridge Inventory (NBI), que são os considerados na aplicação REGPONTES (Almeida, 2003).
- Introdução dos dados na aplicação informática REGPONTES, análise dos resultados obtidos e elaboração de relatórios de apoio às decisões de intervenção no parque de obras de arte considerado.

A aplicação informática REGPONTES permite organizar uma base de dados com a informação relativa a um conjunto de pontes rodoviárias e, com base numa metodologia Norte Americana (FHWA, 1995), classificar automaticamente a eficiência global de cada uma dessas obras de arte e atribuir ainda rácios parciais relativos à sua segurança estrutural, à sua funcionalidade e à sua utilidade pública. A partir dessas classificações é depois possível estabelecer graus de prioridade de intervenção em cada uma das obras que servem de apoio à tomada de decisões sobre as intervenções a implementar ao longo do seu período de funcionamento.

O NBI é uma base de dados disponível ao público com cerca 600.000 pontes de todos os estados dos Estados Unidos, e apresenta dados relativos à localização, características, materiais, intervenção planeada, custo, e avaliação estrutural ou de funcionalidade (Sousa, 2008).

### **4.2 Recursos necessários**

É necessário efectuar uma campanha de inspeções visuais, ou de rotina, às pontes seleccionadas. Para essas inspeções é necessário criar uma ficha de inspeção onde sejam

anotadas as características gerais da ponte bem como as anomalias detetadas na referida inspeção.

Para além deste aspecto é necessário fazer uma recolha de informação, como seja a consulta do projecto da ponte a inspecionar. Para tal é necessário consultar o arquivo municipal e averiguar a existência ou não desse projeto. Além deste aspeto, é necessário analisar a regulamentação que serviu de base à execução do projeto.

Com vista à realização das tarefas de inspeção é necessário um conjunto de utensílios, tais como máquina fotográfica, fita métrica, ficha de inspeção, ficha de identificação, martelo, lanterna, paquímetro, escova de aço e equipamento de protecção individual.

Outro aspecto importante a ter em conta é a aprendizagem da utilização da ferramenta informática REGPONTES, na qual os dados relativos a cada ponte serão inseridos e analisados.

## 5 PLANO DE TRABALHOS

### 5.1 Planificação do trabalho a executar

As tarefas a levar a cabo são aquelas que neste momento se consideram as mais relevantes com vista ao desenvolvimento da Dissertação de Mestrado II. Não se exclui, contudo, a eventual necessidade de realizar outras tarefas intermédias no decurso do trabalho e que não estão mencionadas na presente planificação. Os prazos apresentados podem, com o desenvolvimento do trabalho, vir a sofrer alterações ou ajustes consoante esse aspeto seja necessário ou não.

	Set-16	Out-16	Nov-16	Dez-16	Jan-17	Fev-17
1 Pesquisa bibliográfica						
Pesquisa e análise sobre o estado da arte						
2 Seleção das pontes a inspecionar do inventário existente						
3 Campanha de inspeção de pontes						
4 Aprendizagem sobre a utilização da aplicação de gestão de obras de arte REGEPONTES						
5 Análise dos dados recolhidos na inspeção						
6 Inserção de dados na aplicação REGEPONTES						
7 Análise de resultados						
8 Redação da dissertação de mestrado						

Figura 5.1 – Plano de trabalhos

## **6 COMENTÁRIO SOBRE ALGUMAS REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Neste capítulo dá-se conta de algumas referências bibliográficas que se presume venham a ter um papel importante no desenvolvimento da tese.

- Brito, Jorge de (1995). “Desenvolvimento de um Sistema de Gestão de Obras de Arte em Betão”. Tese de Doutoramento, Universidade Técnica de Lisboa.

Este autor foi um dos primeiros em Portugal a estudar profundamente a temática da gestão de obras de arte. Implicitamente foi também um dos primeiros autores a debruçar-se sobre a inspeção de obras de arte e sobre a normalização desse processo.

Esta obra, apesar de datar de 1995, continua a ser mencionada em sucessivos estudos e trabalhos académicos relacionados com a temática. Desta forma, trata-se de uma referência bibliográfica de enorme relevância para o trabalho proposto.

- Branco, F. A., Brito, Jorge de (2004). “Handbook of Concrete Bridge Management” ASCE Press.

O Prof. Fernando Branco tem-se debruçado, entre outras coisas, sobre os aspetos ligados à durabilidade dos materiais e ao tempo de vida útil das construções, nomeadamente a relevância dos cuidados a ter na execução do projecto e na escolha dos materiais e a influência que isso tem na durabilidade das construções, a importância do acompanhamento da obra, tendo em vista a durabilidade das construções. Tem enfatizado a importância das inspeções periódicas e da manutenção durante o período de exploração das construções.

A obra em causa aborda não só as questões relacionadas com os sistemas de gestão de obras de arte, mas também todas as componentes necessárias para a montagem e organização de um sistema desse tipo, sem esquecer as tarefas inerentes como sejam as inspeções periódicas e a programação das tarefas de manutenção. Dada a diversidade e a pertinência das temáticas abordadas na presente obra, a mesma virá a ser de elevada importância no desenvolvimento do trabalho proposto.

- Almeida, J. O. (2003). “Gestão de pontes rodoviárias: um modelo aplicável em Portugal”. Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Esta obra debruça-se sobre a necessidade do acompanhamento rigoroso das obras de arte ao longo do período de vida útil, dado o seu inevitável envelhecimento. Para tal é necessário fazer a inventariação e a inspecção das obras de arte existentes bem como a sua avaliação. A autora desenvolve uma aplicação informática, denominada REGPONTES, que adapta à realidade nacional uma metodologia Norte Americana. Dada a natureza dos assuntos abordados nesta obra, presume-se que a mesma seja um elemento bibliográfico de grande interesse para o trabalho a desenvolver.

- Sousa, C. V. (2008). “Aplicação de um sistema de gestão de pontes a um conjunto de pontes portuguesas”. Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Nesta tese de mestrado é feita uma selecção de um conjunto de pontes no distrito de Viana do Castelo e efectuada uma campanha de inspecções a essas pontes, sendo depois esses dados tratados e analisados no âmbito da aplicação informática REGPONTES. Neste trabalho são ainda abordadas as temáticas relacionadas com a adaptação da referida ferramenta ao contexto nacional. Dada a e pertinência desta obra presume-se que venha a ser uma referência bibliográfica importante com vista ao desenvolvimento do trabalho proposto.

- Atas dos Congressos Nacionais de Segurança e Conservação de Pontes (2009, 2011, 2013 e 2015).

Estes volumes reúnem as comunicações apresentadas aos quatro Congressos Nacionais de Segurança e Conservação de Pontes realizados até à data. Dado o vasto leque de matérias abordadas, nomeadamente a inspecção, deteção de anomalias e diagnóstico, durabilidade, conservação e reforço, monitorização, segurança e sistemas de gestão, presume-se que venham a ser elementos bibliográficos importantes para a elaboração da dissertação.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, J. O. (2003). “Gestão de pontes rodoviárias: um modelo aplicável em Portugal”. Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Branco, Fernando A. (2001). “Do projeto à manutenção – uma visão da gestão de pontes”. Seminário sobre Segurança e Reabilitação das Pontes em Portugal. A. Costa, A. Fonseca, A. Arêde. FEUP, Porto.

Brito, Jorge. (2001). “Normalização de processos de inspeção de pontes”. Seminário sobre Segurança e Reabilitação das Pontes em Portugal. A. Costa, A. Fonseca, A. Arêde (Eds.). FEUP, Porto.

Cardoso, António (2009). “Acerca da necessidade de um observatório da segurança de pontes”. Paulo J.S. Cruz, Tiago Mendonça, Luís C. Neves, Luís O. Santos (Eds.), Atas do 1º Congresso Nacional de Segurança e Conservação de Pontes, Lisboa.

Cruz, P. J. S., Mendonça, Tiago, Neves, Luís C., Santos, Luís Oliveira (2009). “Prefácio”. Atas do 1º Congresso Nacional de Segurança e Conservação de Pontes. Lisboa.

FHWA, (1995). "Recording and Coding Guide for the Structure Inventory and Appraisal of the Nation's Bridges", Report N° FHWA-PD-96-001, U.S. Dep. Transportation

Graça, João. (2001). “Diagnóstico da Situação Atual de Pontões e Pontes do Concelho de Ourém com vista à sua Beneficiação, Conservação e Reabilitação”. Trabalho da disciplina de Projeto II, 5º Ano do Curso de Engenharia Civil, Instituto Politécnico de Tomar.

Harding, J.E., Parke, G.A.R., Ryall, M.J., (1990). “Preface”. First International Conference on Bridge Management. University of Surrey. Guilford, UK.

Jacinto, Luciano, Santos, Luís O., Neves, Luís C. (2009). “Avaliação estrutural de pontes existentes – Estado da prática”. Paulo J.S. Cruz, Tiago Mendonça, Luís C. Neves, Luís O. Santos (Eds.). Atas do 1º Congresso Nacional de Segurança e Conservação de Pontes. Lisboa.

NP EN 1990 (2009). “Eurocódigo – Bases para o projeto de estruturas”. Instituto Português da Qualidade. Lisboa.

Sousa, C. V. (2008). “Aplicação de um sistema de gestão de pontes a um conjunto de pontes portuguesas”. Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.