

SISTEMAS DE GESTÃO DE OBRAS DE ARTE. A ATUALIZAÇÃO DE SISTEMAS DE OBRAS DE ARTE EM PORTUGAL – A REALIDADE BRISA

Pedro Miguel Tomás¹, Guilherme Pinho e Silva²

^{1,2} BGI – Brisa Gestão de Infraestruturas, Departamento de Estruturas, Quinta da Torre da Aguilha – Edifício Brisa, 2785-599 São Domingos de Rana, Portugal

Sumário

O Sistema de Gestão de Obras de Arte implementado na Brisa, enquanto elemento constituinte de um sistema de gestão de ativos, para uma visão integrada, constitui-se como uma ferramenta fundamental tanto para a manutenção, quanto para a operação eficaz da sua infraestrutura rodoviária. Este sistema, além de permitir um conhecimento profundo e dinâmico das Obras de Arte que compõem a rede, proporciona a tomada de decisão estratégica, enquadrada com o ciclo de vida do ativo, e devidamente alicerçada nas diretrizes performance, risco e investimento, tendo em vista o cumprimento dos objetivos corporativos do grupo Brisa.

Palavras-chave: Gestão; Infraestruturas; Obras de Arte; Ativos; Manutenção; Monitorização

1 INTRODUÇÃO

É consensual o contributo que a existência de uma infraestrutura rodoviária de operação eficiente proporciona para qualquer economia e para o respetivo potencial de crescimento. O panorama nacional mudou há vários anos, verificou-se a transição de uma era em que o foco incidia na construção da infraestrutura rodoviária, para uma era direcionada para a sua monitorização e conseqüente manutenção, devidamente enquadradas com o ciclo de vida dos ativos que a compõe. Partindo destes pressupostos e tendo em consideração que o envelhecimento da infraestrutura é uma realidade, a existência de um sistema de gestão e monitorização de obras de arte eficiente é essencial.

O sistema em prática na Brisa é integrador e orientado para a tomada de decisão estratégica, baseado numa estratégia de manutenção que visa a gestão da performance, risco e investimento dos seus ativos, garantido desta forma, uma infraestrutura segura, sustentável e direcionada para a operação eficiente da sua rede.

Os sistemas de gestão de obras de arte não deverão ser dissociados de uma evolução contínua, assim como da procura e desenvolvimento de soluções que permitam otimizar a eficiência dos seus processos e metodologias, constituindo-se, deste modo, em sistemas dinâmicos. Este será o principal desafio para o futuro dos sistemas de gestão de obras de arte. O alcançar destas metas culminará em sistemas de gestão que permitirão a definição de estratégias planeadas, com maior incidência para a componente preditiva, possibilitando a otimização do modelo de gestão. Neste sentido, a Brisa tem promovido o melhoramento de ferramentas existentes e incentivado o desenvolvimento de novas metodologias que permitam a monitorização contínua de componentes críticos. Associado a estes surge a aplicação de modelos de previsão, com o objetivo de avaliar tanto o comportamento, quanto a durabilidade da estrutura, ao longo do respetivo ciclo de vida, permitindo antecipar o eventual aparecimento e desenvolvimento de anomalias e, assim, decidir fundamentadamente a melhor altura para intervir.

2 SISTEMA DE GESTÃO DE OBRAS DE ARTE – CASO BRISA

A Brisa, concessionária de referência a nível nacional e internacional, com mais de 45 anos de experiência, presente em 6 concessões em Portugal, 19 autoestradas com um total de 1600km, gere um parque com mais de 2500 obras de arte, entre correntes e especiais (Quadro 1), que se encontram em serviço há diferentes períodos de tempo. A monitorização das obras de arte e, conseqüentemente, do seu estado de conservação, sempre se constituiu

como um fator basilar para a manutenção da devida performance dos ativos que compõem a rede Brisa, nomeadamente ao nível da sua integridade estrutural, durabilidade e segurança, como meio para a operação eficiente.

Quadro 1. Tipologia de obras de arte existentes no sistema de gestão de obras de arte implementado pela brisa

Obras de Arte Correntes
Passagens Superiores Passagens Inferiores Passagens Hidráulicas Passagens Agrícolas Passagens Pedonais
Obras de Arte Especiais
Pontes Viadutos Túneis

2.1 Estrutura do Sistema de Gestão de Obras de Arte – Brisa

Cerca de metade das obras de arte que compõem a infraestrutura rodoviária da Brisa, encontra-se em serviço há pelo menos 20 anos. Perante este indicador e, tendo em consideração o tempo útil de vida esperado de uma obra de arte, constata-se que, gradualmente, o volume de obras identificadas para conservação e reabilitação tende a aumentar. A manutenção da performance das obras de arte é uma atividade de extrema relevância no âmbito do planeamento estratégico, especificamente no que concerne à definição do orçamento a disponibilizar para investimento. Deste modo, é essencial a correta avaliação do estado de conservação dos ativos tendo em vista o cumprimento do planeamento e orçamentos definidos. Uma análise excessivamente conservadora conduzirá à definição de uma intervenção que culminará num sobrecusto desnecessário. Por outro lado, uma avaliação por defeito, ou que envolva uma atuação tardia, traduzir-se-á, futuramente, num acréscimo de custos de manutenção e de reabilitação do ativo.

Um sistema de gestão de obras de arte corretamente estruturado considera todas as fases do ciclo de vida das estruturas, indo assim do seu projeto de construção até à sua eventual substituição. Atualmente, encontrando-se a infraestrutura já construída, o sistema incide, sobretudo, nas fases do ciclo de vida associadas à manutenção e operação das estruturas. O sistema agrega 7 fases, conforme a sequência presente na Fig. 1. Em casos pontuais, a informação resultante da realização do estudo, conjugada com a análise de ciclo de vida da estrutura, poderá revelar que, no momento, a decisão mais eficiente não consiste no desenvolvimento de projeto e conseqüente intervenção, passando-se assim do estudo para novo planeamento para inspeção da obra.

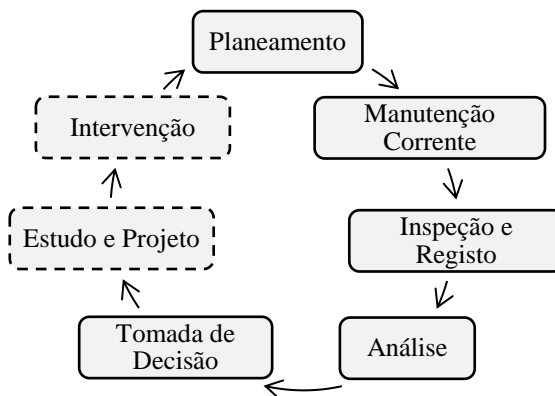


Fig. 1. Ciclo de gestão de uma obra de arte com necessidade de intervenção

Quando a Brisa formulou a estrutura do sistema de gestão obras de arte, procurou a definição de uma classificação que melhor se enquadrasse ao contexto da sua infraestrutura. Desta forma, o sistema de gestão implementado apresenta seis níveis, variáveis entre zero e cinco, que correspondem ao índice de condição atribuído à obra de arte e aos seus componentes em função do seu estado de conservação, que visa caracterizar o tipo, a severidade e a extensão das anomalias que se constatem. O nível zero corresponde a uma obra ou componente que regista um estado de conservação ótimo, não sendo necessário efetuar qualquer reparação, enquanto que, no outro extremo, a atribuição do estado de conservação cinco, revela a redução do coeficiente de segurança, em consequência do estado avançado das anomalias identificadas, requerendo uma ação imediata.

No âmbito da inspeção às obras de arte são avaliados, no máximo, quinze componentes, aos quais é atribuído um índice de condição, sendo este número variável consoante a tipologia da obra inspecionada. Estes componentes apresentam influências distintas no comportamento estrutural e performance das obras de arte, destacando-se enquanto componentes principais os encontros, aparelhos de apoio, pilares, tabuleiro e juntas de dilatação. Para os restantes componentes, o índice poderá ser revisto caso a anomalia não afete a funcionalidade do componente e, ainda, caso não afete outros componentes. As inspeções são realizadas visualmente por técnicos devidamente capacitados com recurso a métodos de teste não destrutivos.

O planeamento das inspeções é efetuado tendo em conta a data de realização da última inspeção e a periodicidade definida consoante o tipo de obra sendo, na maioria das concessões de quatro e seis anos, caso se trate de inspeções a obras de arte correntes ou especiais, respetivamente. As campanhas de inspeção anual, postas em prática de acordo com o planeamento efetuado, são realizadas em sequência e durante um determinado intervalo de tempo, enquanto meio para a otimização de recursos e minimização do impacto associado à operação das vias. Em média, anualmente, entre inspeções a obras de arte correntes e especiais, são inspecionadas 550 obras de arte, incluindo a realização de inspeções subaquáticas. Além destas inspeções planeadas, poderão ainda ser efetuadas inspeções especiais, desenvolvidas na sequência de eventos pontuais e inesperados, como a colisão de veículos ou desastres naturais. No âmbito da estratégia de manutenção existente, é ainda efetuada a inspeção anual a 3 componentes, nomeadamente juntas de dilatação, drenagem e guarda corpos, como inspeção anual de rotina para avaliação destes três componentes.

Concluídas as campanhas de inspeção planeadas, procede-se ao registo dos dados das inspeções no *software* específico do sistema de gestão. Na sequência, é realizada uma análise especializada a cada inspeção e em função do estado de conservação de cada obra, é atribuído um índice de condição, definindo-se ainda as tarefas de manutenção. Por fim é reunida a informação resultante em relatórios técnicos para reporte ao concedente.

Caso uma determinada obra apresente um índice de condição igual ou superior a três é tomada uma ação, como por exemplo o desenvolvimento de um estudo. Este tem por objetivo a avaliação da estrutura, o apuramento das causas que conduziram à manifestação da patologia e respetiva evolução, e por fim, a definição de uma solução para a resolução das anomalias identificadas. Atualmente, do parque que integra o sistema de gestão da Brisa, sensivelmente 90% das obras de arte regista um estado de conservação entre zero e dois (Fig. 2). A evolução deste indicador é monitorizada ao longo das campanhas de inspeção previstas. Os restantes 10% correspondem a obras com estado de conservação três e, por isso, estão integradas numa das seguintes fases: (i) identificadas para realização de estudo e/ou projeto, (ii) em fase de projeto, (iii) com concurso por consulta prévia efetuado, (iv) em reabilitação, ou (v) em planeamento para nova inspeção.

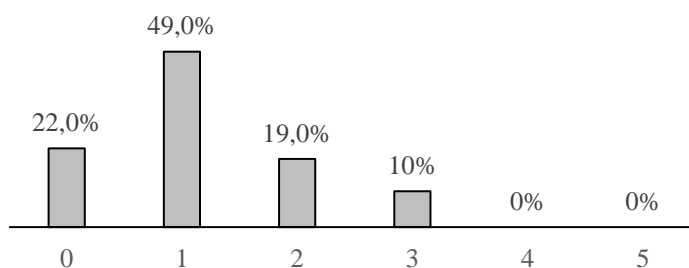


Fig. 2. Distribuição percentual do estado de conservação das obras de arte que compõem a rede Brisa em 2018

Neste momento, o sistema de gestão de obras de arte da Brisa conduz, anualmente, a um conjunto de estudos e projetos que, por sua vez resultam, nas respetivas intervenções de manutenção e reabilitação das obras de arte existentes na sua rede.

Uma componente essencial no sistema de gestão de obras de arte, em face do número de obras que este agrega, dos critérios de avaliação e do impacto estratégico que o sistema tem é a gestão eficaz da informação. No fim, a informação resultante do sistema é o elemento que permite a tomada de decisão, pelo que é imperativo que esta seja fiável e criteriosa, para que o resultado do funcionamento do sistema seja o pretendido.

2.2 Monitorização de Transportes Especiais

O sistema de gestão de obras de arte, integra, enquanto ferramenta de monitorização, a avaliação da passagem de veículos de transporte especial. O objetivo passa por efetuar uma simulação da sua passagem, que permita aferir, face ao dimensionamento de cada obra, se se verifica capacidade resistente que possibilite a passagem do veículo em segurança e sem danos para as estruturas. Por conseguinte, a passagem de um veículo com estas especificidades só poderá ocorrer após validação pelo sistema de gestão de obras de arte. Após este passo, para a passagem do veículo, é posto em prática um procedimento em coordenação com as equipas de operação, de forma a possibilitar a passagem do mesmo em segurança, pelo percurso requerido. O registo de cada percurso efetuado fica disponível em sistema, para serem avaliadas eventuais implicações em caso de desenvolvimento de estudos e projetos.

2.3 Estratégia de Manutenção

O objetivo de uma correta manutenção consiste na mitigação e prevenção da diminuição da performance de um determinado ativo ou componente, gerindo o risco associado à sua falha, por forma a assegurar que este registe o nível de serviço requerido, no contexto em que se encontra inserido [1]. Desta forma, para qualquer entidade responsável pela gestão de uma infraestrutura, a existência de uma estratégia de manutenção enquadrada com o seu sistema de gestão de ativos, constitui-se como uma ferramenta essencial como meio para assegurar um adequado nível de performance, ao longo do ciclo de vida dos seus ativos.

Uma estratégia de manutenção apresenta uma série de atividades que se encontram divididas em 3 grupos principais. Um grupo constituído por inspeções, testes e monitorizações. Um outro grupo associado à manutenção preventiva e, por fim, um terceiro grupo relativo à manutenção corretiva. Pretende-se com a atividade de manutenção a efetivação dos seguintes cenários, que se poderão manifestar individual ou separadamente: reposição do desempenho adequado do ativo ou componente e o retardamento da degradação durante um determinado período de tempo.

A estratégia de manutenção definida para as obras de arte é baseada na criticidade, sensibilidade e níveis de serviço dos ativos. A tomada de decisão para a atuação sobre uma obra de arte resulta do seu nível de criticidade, ou dos componentes que a caracterizam. Isto é, o impacto que uma eventual falha representa para o cumprimento do objetivo corporativo, a operação eficiente e segura da via. Por exemplo, numa obra de arte especial, o componente junta de dilatação, em caso de falha, obriga ao encerramento da via ou vias afetadas, representando um risco em termos de operacionalidade e segurança. Por outro lado, o passadiço técnico, caso fissure ou se degrade, não compromete a operação eficiente e em segurança da via.

A definição de uma estratégia de manutenção, não ficaria completa sem o estudo referente à análise económica, integrada com o ciclo de vida da obra de arte ou componente em particular. Esta visa a análise dos custos associados à sua operação e manutenção, sem desconsiderar as consequências que uma eventual falha acarreta em termos de reputação e imagem. Assim, tal como observável pela Fig. 3, para cada ativo, verifica-se a existência de um ponto ótimo para a definição do intervalo de manutenção a por em prática, tendo em conta o risco associado à sua falha, traduzindo-se na otimização da exploração do ativo. A estratégia de manutenção afirma-se assim como uma ferramenta chave no sistema de gestão de obras de arte, facultando a tomada de decisão orientada para a gestão eficiente e integrada da infraestrutura.

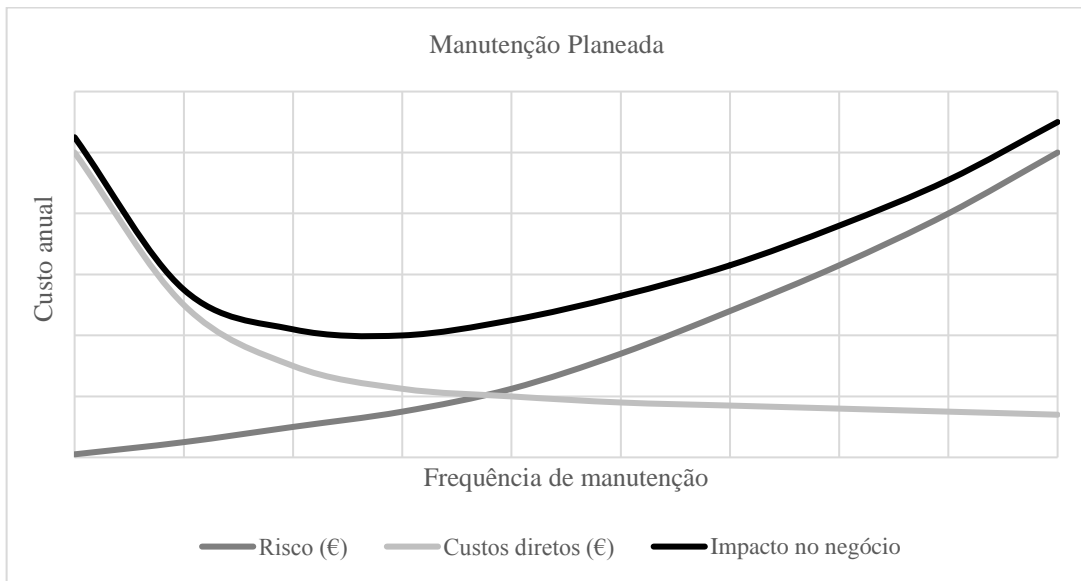


Fig. 3. Definição da frequência de manutenção ótima para um determinado ativo.

3 SISTEMAS DE MONITORIZAÇÃO – ANÁLISE, ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO

3.1 Sistema de monitorização da ponte da Lezíria

O interesse da Brisa pelo desenvolvimento de novas ferramentas, que se traduzam na evolução do seu sistema de gestão de obras de arte, não é de hoje. Ao longo dos últimos anos, a implementação de sistemas remotos de monitorização contínua do comportamento estrutural e durabilidade dos materiais que compõem as obras de arte tem vindo a ganhar relevo, traduzindo-se em sistemas mais robustos e com maior potencial. Neste sentido, aquando da construção da Ponte da Lezíria, localizada na A10 sobre o rio Tejo, a Brisa tomou a decisão de desenvolver e instalar em fase de obra, um sistema desta natureza.

O sistema implementado na Ponte da Lezíria é assim um sistema integrado, constituído por componente elétrica, sensorial (sensores e equipamentos associados), que por intermédio de uma componente de comunicação possibilita, por fim, a componente de informação, que permite ao dono de obra, conhecer o comportamento estrutural e a durabilidade da obra, ao longo do seu ciclo de vida (Fig. 4) [2]. As diferentes componentes não poderão funcionar dissociadamente, pelo que, caso uma não funcione, as componentes a montante não funcionarão.

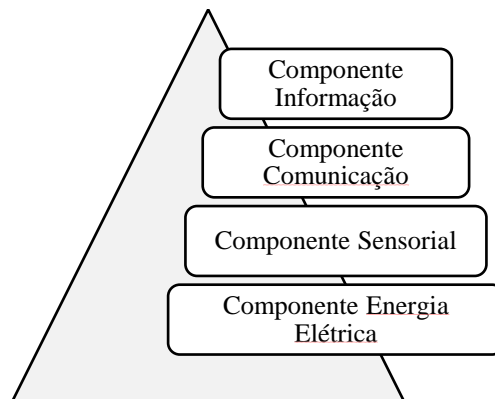


Fig. 4. Estrutura do sistema de monitorização da Ponte da Lezíria.

Em termos funcionais, o sistema de monitorização da Ponte da Lezíria é constituído por um sistema de base elétrica e um sistema de base ótica. O sistema de base elétrica apresenta duas componentes, uma estática e uma dinâmica. Grande parte dos sensores instalados diz respeito à medição de parâmetros estáticos, conferindo ao sistema de monitorização, informação essencial para a aferição do comportamento estrutural da obra a longo prazo. O sistema dinâmico facultam a avaliação das consequências na estrutura potenciadas por acontecimentos pontuais de curta duração (p. ex. sismos), originadas pela forma como a energia é transmitida à estrutura e pelo modo como esta é dissipada, por intermédio de acelerómetros tri-axiais criteriosamente posicionados. Estes sistemas facultam informação pormenorizada, quer em termos de localização quer em termos de grandeza.

Em paralelo ao sistema anteriormente referido, existe o sistema de base ótica que possibilita a medição do deslocamento vetorial, extensão e temperatura, por intermédio de um conjunto de sensores óticos. Este sistema é um complemento ao sistema de base elétrica, tendo sido instalado com o objetivo de incrementar a informação associada ao comportamento estrutural da ponte e a obtenção de informação sobre comportamento dinâmico no que concerne às deformações da estrutura. Os resultados obtidos deste sistema possibilitam ainda a comparação da eficiência com os resultados do sistema de base elétrica.

Tanto o estudo e construção, quanto a manutenção e acompanhamento do sistema é resultado da cooperação de uma equipa multidisciplinar, sendo amplamente reconhecido e divulgado em vários âmbitos. Comprovada a aplicabilidade do sistema existente, e considerando a contínua evolução da tecnologia utilizada nestes sistemas, a Brisa tem atualmente em curso o desenvolvimento de um projeto que se estende por um horizonte de vários anos, com o objetivo de atualizar o sistema e a respetiva aplicação. O sucesso deste projeto traduzir-se-á numa alteração ao nível da gestão da obra de arte, nomeadamente no que à estratégia de manutenção diz respeito, potenciando a replicação do sistema a outros tipos de ativos.

3.2 Monitorização de componentes críticos – estudo

Uma rede rodoviária é composta, conforme referido anteriormente, por um conjunto alargado de obras de arte. No entanto, estas são o resultado da definição de diferentes soluções estruturais, registando-se uma diversidade considerável no universo que compõe a rede operada pela Brisa. Desta forma, enquanto concessionária, a Brisa procura por em prática, após análise de viabilidade, a solução ou metodologia que, enquadrada com o seu sistema de gestão de obras de arte, lhe permita o melhor resultado para cada contexto.

No caso particular de passagens superiores que incluem tirantes, está atualmente implementado um sistema que possibilita a leitura da medição da tração instalada nas ancoragens dos seus maciços. Não obstante, e tendo em vista uma abordagem holística que permita uma análise contínua e proativa dos componentes críticos destas obras, encontra-se em análise a possibilidade de desenvolvimento de ferramentas analíticas para este efeito. O objetivo passa por efetuar medições contínuas e em tempo real também do índice de corrosão nos tirantes, constituindo-se como um sistema de monitorização permanente, ativo e direcionado para a adoção de uma estratégia de manutenção preditiva.

3.3 Meios de apoio à realização de inspeções

A utilização de drones poderá, muito em breve, vir a ser uma realidade aplicável aos sistemas de gestão de obras de arte e de outros ativos. A Brisa, enquanto empresa que procura inovar continuamente, tem em perspetiva projetos piloto para avaliar a sua aplicabilidade, tendo em vista a otimização da sua atuação e, conseqüentemente, o incremento da sua eficiência. O recurso a este tipo de equipamentos poder-se-á verificar enquanto meio de apoio à realização de inspeções, nomeadamente para recolha de informação para aferição de componentes inacessíveis ou de difícil acesso. Poderá ainda ser utilizado em situações que exijam uma avaliação baseada numa resposta rápida a casos pontuais, ou para inspeção de outros ativos como estruturas de sinalização vertical, nomeadamente pórticos e semi-pórticos. Em termos operacionais, tendo em conta as suas potencialidades, representam uma vantagem consensual dado que não condicionam a disponibilidade da via e permitem a mitigação do risco associado à presença de equipamentos e meios humanos na plataforma de circulação.

A Brisa está convicta de que um sistema de gestão de ativos e, mais concretamente, a gestão de obras de arte, se constituem enquanto mecanismos dinâmicos, com potencial de otimização sustentado pela contínua evolução do conhecimento e tecnologia. Desta forma, e atentando às expectativas animadoras inerentes à possibilidade de implementação bem-sucedida de sistemas em análise, estudo e desenvolvimento, aliado à melhoria contínua do processo de inspeção, será possível o incremento da eficiência na gestão do ciclo de vida dos ativos. A perspetiva

final consiste na transição de sistemas de gestão, embora planeados, mas maioritariamente reativos, para sistemas de gestão planeados e preditivos, aumentando assim a previsibilidade e diminuindo o risco associado, prevendo e acompanhando o comportamento estrutural das estruturas e a sua durabilidade ao longo do seu ciclo de vida.

4 CONCLUSÕES

Os sistemas de gestão de infraestruturas assumem um papel de relevo na operação de ativos em níveis de performance padronizados, nas mais variadas áreas. A Brisa, enquanto concessionária rodoviária de referência tem implementado um sistema de gestão de obras de arte que, enquadrado com o seu sistema de gestão de ativos, permite a monitorização constante da sua rede.

Este sistema, responsável pela gestão de mais de 2500 obras de arte, compreende várias fases que se encontram estruturadas num ciclo. Estas fases podem ser agregadas em dois grupos principais. Um primeiro grupo associado à inspeção, que considera a definição do planeamento das campanhas de inspeção, a inspeção propriamente dita e o respetivo registo e análise que culminam na definição da informação que permite a tomada de decisão. E um segundo grupo que considera, quando aplicável, as fases associadas ao eventual desenvolvimento de um estudo e respetivo projeto, elaborados com o objetivo de proceder à reabilitação da obra de arte.

O sistema de gestão de obras de arte atribui um índice de condição a cada obra, variável entre zero e cinco, consoante a existência e extensão das anomalias que se verifiquem. Este indicador deriva do indicador atribuído a cada componente que constitui a obra de arte. De acordo com a estratégia definida, obras com estado de conservação igual ou superior a três terão de ter um plano de atuação para identificação da origem e possível evolução das anomalias existentes, tendo em vista o desenvolvimento de um projeto e posterior intervenção de conservação.

A Brisa gere uma infraestrutura que está, naturalmente, a envelhecer, encontrando-se cerca de 50% das suas obras em serviço há pelo menos 20 anos, aproximando-se gradualmente do seu fim de vida útil. Atualmente 10% das obras de arte inseridas na rede operada tem estado três e, perante o exposto, é esperado que esta percentagem tenda a subir. Estes factos atribuem uma relevância adicional ao sistema de gestão de obras de arte, visto que, com esta tendência, importa mais do que nunca desenvolver a abordagem correta a cada caso e definir criteriosamente a estratégia de manutenção a desenvolver, dado o impacto ao nível estratégico que a gestão de obras de arte determina.

Em linha com as ideias expostas, a estratégia de manutenção apresenta-se enquanto um mecanismo intrinsecamente associado ao sistema de gestão de obras de arte, permitindo a manutenção da performance das obras de arte, enquadrada com o seu ciclo de vida e facultando a gestão racional e eficiente destes ativos.

No âmbito da gestão de obras de arte é ainda efetuada a monitorização da passagem de veículos de transporte especial. A avaliação efetuada à passagem deste tipo de veículos é essencial para que seja garantida a sua passagem em segurança, em virtude da capacidade resistente das estruturas que se encontram no percurso.

O desenvolvimento tecnológico aliado ao conhecimento, tem permitido, ao longo dos últimos anos, a integração de novas metodologias nos sistemas de gestão de obras de arte, permitindo um aumento de eficiência dos mesmos. A Brisa tem procurado acompanhar a evolução que se tem verificado nestas áreas, apostando na formação dos seus profissionais e investido e incentivado tanto a melhoria de sistemas de monitorização implementados, como o desenvolvimento de novas ferramentas. Estes mecanismos tencionam otimizar o modelo de gestão, na perspetiva de se verificar a passagem de sistemas planeados, mas reativos, para sistemas planeados preditivos, com uma análise de risco mais aprofundada, prevendo o comportamento e durabilidade das estruturas, visando assim o incremento da eficiência no ciclo de vida dos ativos.

5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todos os elementos do grupo Brisa que direta ou indiretamente deram o seu contributo para o desenvolvimento deste artigo. Este reflete, mais do que a visão dos seus autores, a visão partilhada da Brisa, para uma gestão de infraestruturas integrada e enquadrada com os valores e princípios que regem o grupo.

6 REFERÊNCIAS

1. The Institute of Asset Management – Asset management – An anatomy – Version 3 – December 2015
2. H. Sousa, J. Figueiras, J. Bento, Sistema de monitorização da ponte da Lezíria – A sua utilidade durante a fase construtiva, 2008
3. H. Sousa, *Relatório Técnico sobre o Sistema de monitorização da Ponte da Lezíria – Limitações e Potencialidades*, 2014