

Conhecendo o PROARTE

Conteudista:

Rogério Calazans Verly

Brasília, julho de 2022.

Conhecendo o PROARTE

Módulo 1

Introdução - Sistemas de gerenciamento de estruturas

Conforme estabelece O Art. 11 da INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 03/DNIT SEDE, DE 1º DE ABRIL DE 2022, o servidor que optar por receber a GECC relativa à elaboração de material didático, cede, tacitamente e em caráter irrevogável, a titularidade dos direitos patrimoniais relativos aos materiais produzidos em decorrência dessa percepção. Desta forma, tendo em vista o contido no Processo nº 50600.021214/2022-42, o DNIT poderá revisar o material cedido, adaptá-lo e utilizá-lo livremente em outros eventos que venha a promover, bem como o ceder a outros órgãos e entidades federais.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Efeito da deterioração e da manutenção no desempenho estrutural | 3 |
| Figura 2 - (a) A Silver Bridge ligava Point Pleasant (Virgínia Ocidental) a Kanauga (Ohio) e seu colapso (b) foi o grande alerta para a necessidade de atenção com as estruturas de pontes | 6 |
| Figura 3 - Mianus River Bridge após colapso de um dos vãos por fadiga | 7 |
| Figura 4 - Estrutura de um modelo de gerenciamento de OAEs | 9 |
| Figura 5 - Índice de cartões com informações básicas (sistema de primeira geração). | 13 |
| Figura 6 - Os sistemas de gerenciamento de OAEs podem ser divididos em 3 gerações. | 14 |
| Figura 7 - (a) fluxo de informações das inspeções no SGO web e (b) tela do SGO mobile (SGO)..... | 17 |
| Figura 8 - Importância da inspeção visual mostrada em termos de informações obtidas e dos custos totais de inspeção. | 18 |

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação de alguns sistemas de gerenciamento de OAEs 8



SUMÁRIO

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | APRESENTAÇÃO..... | 1 |
| 2 | GERENCIAMENTO DE OAES - POR QUÊ? | 2 |
| 3 | HISTÓRICO DO GERENCIAMENTO DE OAES | 5 |
| 4 | SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE OAES..... | 7 |
| 4.1 | BANCO DE DADOS..... | 9 |
| 4.2 | ANÁLISE DOS DADOS | 10 |
| 4.3 | SUORTE À DECISÃO | 11 |
| 4.4 | EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE OAES | 12 |
| 5 | O GERENCIAMENTO DE OAES NO DNIT | 15 |
| 6 | REFERÊNCIAS..... | 19 |

1 APRESENTAÇÃO

O desenvolvimento de cursos autoinstrucionais pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR, disponibilizados de maneira assíncrona, sem o acompanhamento de um tutor, atende ao Plano Educacional proposto para o ano de 2022.

O participante acessa os materiais e conteúdos disponíveis de acordo com seu ritmo e com sua disponibilidade de tempo, atendendo ao prazo estipulado para conclusão do curso e conclusão das avaliações propostas.

Dessa forma, o curso “Conhecendo o PROARTE” tem o objetivo de promover a independência do aluno, desenvolvendo temáticas de maneira simples e objetiva, possibilitando que o domínio dos conceitos básicos sobre o assunto o torne apto à realização de cursos de aperfeiçoamento (síncronos e/ou presenciais).

O Programa de Manutenção e Reabilitação de Estruturas - PROARTE, consiste em um conjunto de atividades para a realização da manutenção e reabilitação das estruturas sob administração do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT.

Este material consolida as principais informações e conceitos sobre o programa, com destaque para a Instrução Normativa nº 09/DNIT SEDE, de 26 de abril de 2022, que estabelece os “procedimentos a serem utilizados no planejamento e execução de obras e serviços do Programa de Manutenção e Reabilitação de Estruturas - PROARTE”.

Outros materiais serão utilizados ao longo do curso, contribuindo para a apresentação de uma síntese das técnicas atualmente em uso no DNIT para a manutenção e reabilitação das OAEs.

O Módulo 1 trata dos principais conceitos afetos ao gerenciamento de estruturas e da situação atual do DNIT nesse cenário. O Módulo 2 mostra as bases do PROARTE à luz dos conceitos apresentados no Módulo 1. Os demais módulos tratam da parte operacional do programa, apresentando os critérios de priorização utilizados no DNIT (Módulo 3), da elaboração do plano de trabalho para a manutenção e do acompanhamento dos serviços (Módulo 4).

Ao concluir o curso, o aluno terá conhecido melhor os aspectos teóricos e gerenciais que envolvem a manutenção e a reabilitação das obras de arte especiais - OAEs.

2 GERENCIAMENTO DE OAEs - POR QUÊ?

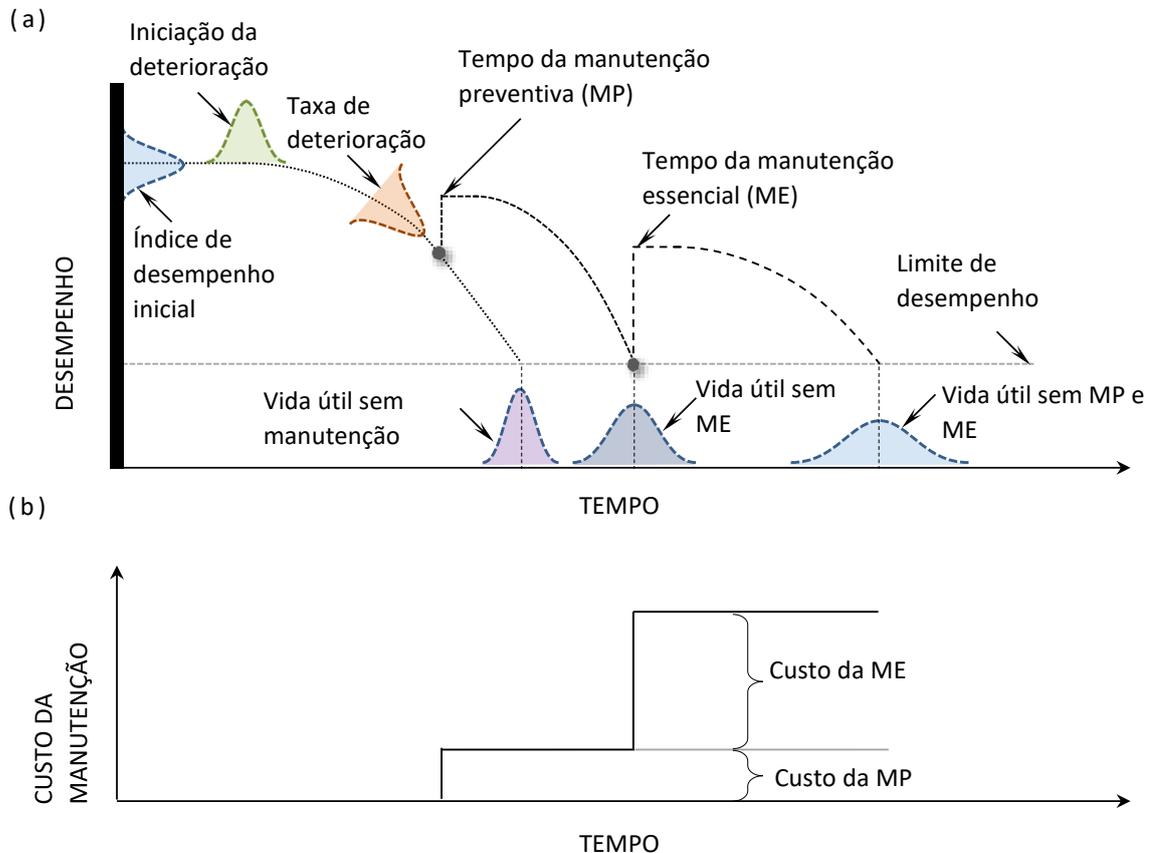
No passado, era comum a crença de que as estruturas de concreto armado eram imunes à degradação, mesmo quando executadas sem cuidados especiais e expostas a ambientes agressivos.

Com o aparecimento de grande quantidade de casos de degradação acelerada de estruturas de concreto armado e protendido na década de 1980, os riscos à segurança e os elevados custos de manutenção fizeram com que a atenção se voltasse para os cuidados com a execução e a posterior manutenção das estruturas de concreto (BERTOLINI, 2010).

As Obras de Arte Especiais - OAEs existentes nas rodovias sob administração do DNIT são, em sua maioria, concebidas e construídas em concreto armado.

A perda de desempenho dos materiais é ilustrada na Figura 1.

Figura 1 - Efeito da deterioração e da manutenção no desempenho estrutural



Fonte: Adaptado de FRANGOPOL, 2016.

Devido às variabilidades das propriedades dos materiais de construção, dos métodos executivos, das aproximações feitas durante a análise e dimensionamento, o índice de desempenho inicial exato não é conhecido.

Assim, considerando que em uma mesma estrutura são encontrados diferentes microclimas, e que as condições ambientais são um fator importante no início e na velocidade da deterioração, esses dois parâmetros também se tornam incertos. E essas variações se refletem nos tempos em que devem ocorrer as manutenções.

Outro aspecto importante mostrado na Figura 1 é o custo da manutenção, que apresenta valores distintos em função do tempo e da condição que se encontra a estrutura. Isso mostra a importância de uma avaliação adequada para determinar o momento mais oportuno para a realização das intervenções e o tipo mais apropriado à intervenção, que pode ser uma manutenção, uma reabilitação ou até mesmo a substituição.

Cabe lembrar que, em um determinado momento, não fazer nenhum tipo de intervenção também é uma estratégia, mas que deve ser escolhida de forma consciente.

O DNIT tem sob sua administração cerca de 8.000 estruturas espalhadas em todo o território nacional, incluindo pontes, viadutos e passarelas. Do ponto de vista funcional, essas estruturas podem ser consideradas simplesmente como uma porção especial de uma rodovia, entretanto, são elos críticos na rede rodoviária, sendo, por isso, consideradas separadamente do ponto de vista da manutenção.

As interdições ou limitações de tráfego sobre essas estruturas implicam em atrasos e a necessidade de desvios nos casos mais críticos, gerando custos para os usuários (AASHTO, 2007).

A gestão das estruturas envolve aspectos técnicos e econômicos que devem ser tratados de forma conjunta, de forma que as decisões tomadas levem à alocação dos recursos financeiros de forma coordenada, buscando minimizar os custos para os usuários e para os administradores das vias. Quando as intervenções são realizadas apenas de forma reativa, os riscos se tornam muito maiores.

Nas últimas décadas, o status das atividades de manutenção em OAEs vem mudando progressivamente nas agências de transporte ao redor do mundo, saindo de uma condição de negligência ou de menor importância, para uma situação de prioridade.

Essa mudança de importância se deve ao fato do reconhecimento, por parte das autoridades, de que a deterioração das estruturas existentes tende a gerar problemas graves e de implicações que vão muito além, tanto em termos econômicos, como sociais e ambientais. Isso remete a um conceito de grande destaque nos últimos tempos, a sustentabilidade (SMITH e SILVA FILHO, 1999).

Os engenheiros que trabalham com OAEs, os gestores e os agentes públicos ao redor do mundo têm reconhecido a importância do tema e a necessidade de novos métodos analíticos e de processos para avaliar as condições atuais e futuras das estruturas, de forma a indicar a melhor alternativa de alocação de recursos dentre todas as possibilidades de manutenção, reabilitação e de substituição possíveis (AASHTO, 2013).

3 HISTÓRICO DO GERENCIAMENTO DE OAEs

Conforme já mencionado no item anterior, o entendimento por parte de alguns gestores de que as estruturas de concreto armado eram tidas como imunes à degradação, permaneceu até o aparecimento de grande quantidade de casos de degradação acelerada de estruturas.

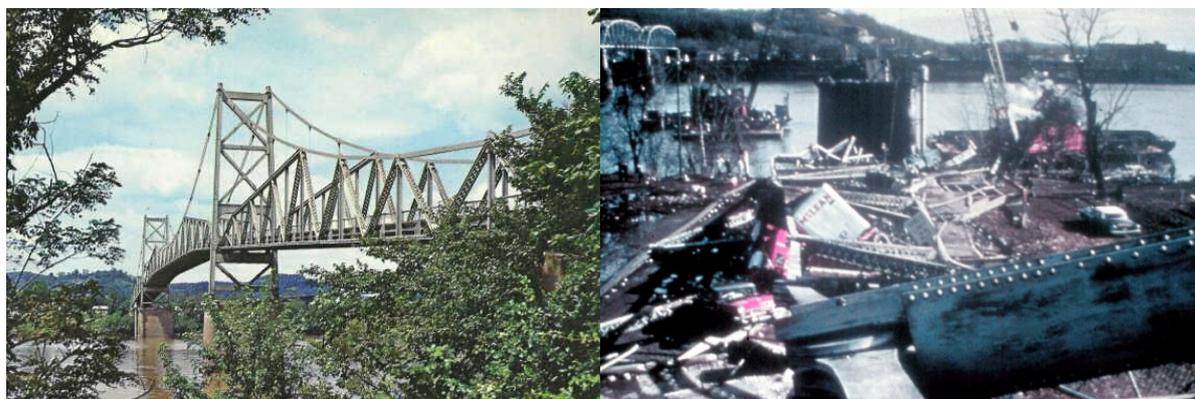
Esses casos de degradação acelerada, e os elevados custos atrelados, fizeram com que a atenção se voltasse para os cuidados com a execução e a posterior manutenção das estruturas de concreto (BERTOLINI, 2010).

Entretanto, a ocorrência de um colapso de dimensões catastróficas foi determinante para que fosse dispensada a devida atenção às condições das obras de arte especiais.

No dia quinze de dezembro de 1967, a ponte sobre o rio Ohio, conhecida como Silver Bridge, desabou em pleno horário de pico, matando 46 pessoas (Figura 2). Essa tragédia motivou a criação de um programa de inspeções de pontes e de um igualmente importante programa de treinamento de inspetores, os quais seguem em constante atualização até os dias de hoje (FHWA, 2012).

A combinação de corrosão sob tensão e corrosão-fadiga permitiram o crescimento de uma pequena fissura formada durante a fabricação de um olhal metálico, resultando no colapso da estrutura.

Figura 2 - (a) A Silver Bridge ligava Point Pleasant (Virgínia Ocidental) a Kanauga (Ohio) e seu colapso (b) foi o grande alerta para a necessidade de atenção com as estruturas de pontes



(a)

(b)

Fonte: (a) <http://www.laurelhollowpark.net/chester/silverbridge.html> acesso em 28/05/2022; (b) FHWA (2012).

O colapso da *Silver Bridge* despertou o interesse dos americanos em garantir a segurança das estruturas por meio de inspeções e manutenção.

Já em 1968, foi instituído um programa de inspeção das pontes e viadutos, acompanhado de um programa de treinamento dos inspetores. Essa iniciativa desencadeou um processo contínuo de desenvolvimento que contemplou a criação e a constante atualização de manuais, começando pelo *National Bridge Inspection Standards* (NBIS), de 1971, com orientações para a realização das inspeções e gestão das informações coletadas.

A inspeção é uma das atividades necessárias para a gestão das OAEs, permitindo conhecer o estado de condição do estoque de estruturas, mas outras atividades complementares e coordenadas precisam ser executadas para a garantia do bom desempenho da gestão das estruturas. Nessa linha, a *Federal Highway Administration* (FHWA) e a *American Association of State Highway Officials* (AASHO) promoveram uma série de publicações sobre o assunto, quase todos com alguma motivação específica.

Estima-se que as inspeções rotineiras forneçam 80% das informações relevantes para a gestão das estruturas, são obtidas com apenas 20% dos custos de inspeção, o que não dispensa a realização de procedimentos mais específicos.

Outros acidentes alertaram para a necessidade de atenção especial para alguns assuntos:

Em junho de 1983, o colapso da *Mianus River Bridge*, localizada na rodovia I-95, em Connecticut, chamou a atenção para um problema que requer atenção especial para sua identificação (Figura 3).

A formação de produtos de corrosão restringiu a movimentação de elementos estruturais da ponte, fazendo com que esforços adicionais fossem introduzidos, resultando em uma ruptura por fadiga, resultando daí o *Inspection of Fracture Critical Bridge Members*, publicado em 1986.

Figura 3 - Mianus River Bridge após colapso de um dos vãos por fadiga



Fonte: FHWA (2012).

4 SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE OAEs

Com o avanço dos manuais, foram sendo realizadas inspeções de muitas estruturas, o que gerou uma grande quantidade de dados que precisava ser organizada e tratada.

No final da década de 1980, o avanço das ferramentas computacionais permitiu o aparecimento de “sistemas de gerenciamento” de OAEs. Esses sistemas já eram capazes de organizar os dados obtidos nas inspeções e utilizar modelos matemáticos para fazer previsões e recomendações de apoio à decisão. Os dois mais conhecidos eram o *Pontis*, patrocinado pela FHWA e direcionado a grandes estoques de estruturas, e o *Bridgit*, nascido de uma cooperação entre a *Highway Research*

Program - NCHRP e o Transportation Research Board - TRB (FHWA, 2012). Os sistemas de gerenciamento de estruturas serão tratados no próximo tópico.

No item anterior, o termo “sistema de gerenciamento” de OAEs, ou de estruturas, não deve ser confundido com o gerenciamento em si, uma vez que trata-se somente de uma ferramenta com capacidade de sistematizar os dados disponíveis e utilizar modelos matemáticos para fazer previsões e recomendações de apoio à decisão. Esses sistemas são desenvolvidos para atender necessidades específicas de cada administrador, não impedindo que sejam feitas adaptações para o atendimento de casos específicos.

A Tabela 1 apresenta uma relação de sistemas desenvolvidos em diversos países e suas principais características.

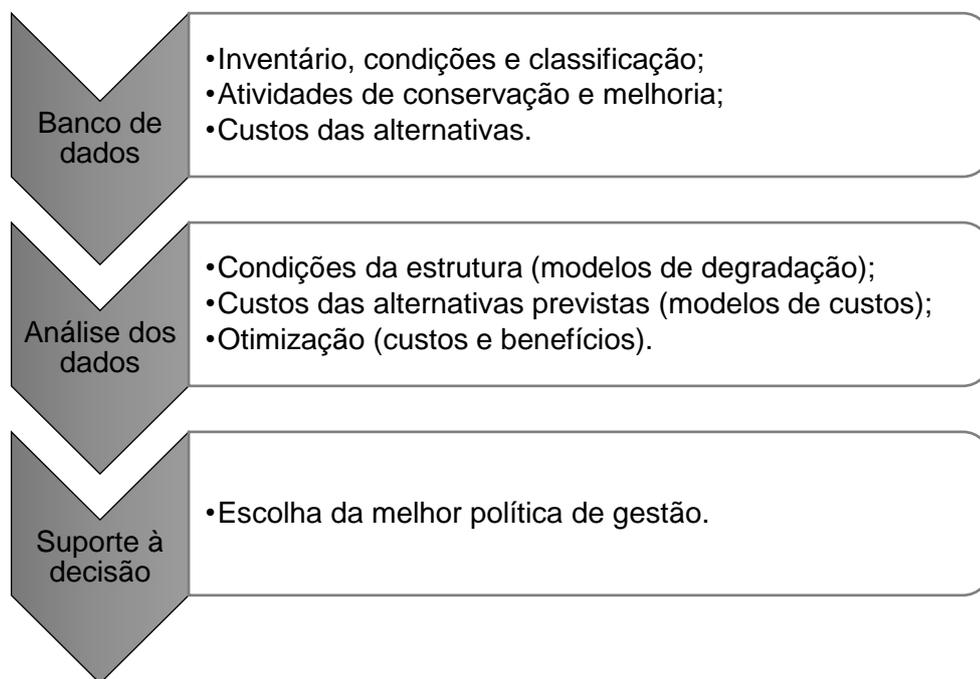
Tabela 1 - Comparação de alguns sistemas de gerenciamento de OAEs

| Designação | País | Avaliação | | Previsão | | Prazo de programação | |
|------------|-----------|---------------------|-------------|----------------|--------|----------------------|------------------|
| | | Capacidade de carga | EC (níveis) | Degradação | Custos | Trabalhos (anos) | Orçamento (anos) |
| OBMS | Canadá | ✓ | 4 | Probabilística | ✓ | 10 | 60 |
| QBMS | Canadá | ✓ | 4 | Probabilística | ✓ | 10 | 60 |
| DANBRO | Dinamarca | | 6 | ✓ | ✓ | 10 | 10 |
| FBMS | Finlândia | | 4 | ✓ | ✓ | 10 | 10 |
| GBMS | Alemanha | | | ✓ | ✓ | 10 | 10 |
| Eirspan | Irlanda | | 4 | | | 10 | 10 |
| APTBMS | Itália | ✓ | 5 | Probabilística | ✓ | 5 | 50 |
| RPIBMS | Japão | | 5 | ✓ | | 100 | 100 |
| KRBMS | Coreia | | 5 | | | | |
| Lat Brutus | Letônia | ✓ | 4 | | ✓ | | |
| DISK | Holanda | | 6 | | ✓ | 10 | 10 |
| SMOK | Polônia | | 6 | ✓ | | 10 | 10 |
| SZOK | Polônia | | 6 | | ✓ | 10 | 10 |
| SGP | Espanha | ✓ | 100 | | ✓ | | |
| BaTMan | Suécia | ✓ | 3 | Determinística | ✓ | 20 | 20 |
| KUBA | Suíça | | 5 | Probabilística | ✓ | 5 | 100 |
| ABMS | EUA | ✓ | 9 | | ✓ | 5 | 5 |
| Pontis | EUA | ✓ | | Probabilística | ✓ | | |

Fonte: adaptado de ALMEIDA (2013).

A seguir, será apresentada a estrutura básica de um Sistema de Gerenciamento de OAEs - SGO, de acordo com a AASHTO (2013), composta por três grandes blocos: *banco de dados*, *análise dos dados* e *suporte à decisão* (Figura 4). Essa estrutura auxilia os engenheiros e tomadores de decisão na escolha da melhor ação a ser tomada, no curto e no longo prazo, para a melhoria do patrimônio frente às limitações financeiras. Em outras palavras, o SGO deve ser capaz de dizer ao gestor onde aplicar os recursos financeiros de forma mais eficiente (RYALL, 2010).

Figura 4 - Estrutura de um modelo de gerenciamento de OAEs



Fonte: Adaptado de AASHTO (2013).

4.1 Banco de dados

O banco de dados de um SGO é basicamente um depósito que contém todo o histórico e informações existentes sobre as OAEs de uma determinada malha, e por isso deve ser abastecido com o máximo de informações disponíveis, a depender dos módulos presentes nos diversos sistemas existentes.

Mesmo existindo vários sistemas, todos contam com módulos básicos, compostos pelo inventário (cadastro), condições (obtida das inspeções), atividades de conservação e melhoria e os custos das alternativas possíveis.

Além das informações de natureza técnica, como sistema estrutural, materiais e informações sobre os danos existentes, devem existir também informações administrativas e financeiras. Outro tipo de informação bastante relevante é o histórico de passagem de cargas indivisíveis (cargas especiais ou superpesadas), cujo peso bruto total combinado pode passar de 700 tf. Todas essas informações são fundamentais, uma vez que o banco de dados é o coração de qualquer sistema de gestão de OAEs.

A avaliação da condição geral dos componentes das OAEs, como superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura, é comum, entretanto não é uma divisão suficientemente detalhada para a projeção da deterioração da estrutura. Dados mais detalhados dos elementos de cada componente são necessários para a previsão da deterioração a nível de elemento.

A AASHTO e a FHWA definiram grupos de elementos estruturais chamados *Commonly Recognized* (CoRe), que fornecem uma base uniforme para o detalhamento a nível elemento para qualquer sistema de gestão de pontes dos Estados Unidos e para padronização dos dados entre os estados (AASHTO, 2013).

Cada grupo de CoRe é formado por elementos compostos pelos mesmos materiais e que se pode prever a deterioração de uma mesma maneira, ou seja, são elementos que se deteriorarão de forma semelhante ao longo do tempo. Esse mesmo conceito é utilizado em outros sistemas de gestão de pontes em outros países. Um exemplo é a metodologia GDE/UnB, que considera famílias de elementos para a avaliação do grau de deterioração da estrutura.

4.2 Análise dos dados

O objetivo da análise dos dados é disponibilizar as melhores estratégias para alocação e utilização dos recursos limitados de uma forma otimizada. A melhor escolha dentre as possíveis é aquela que minimizará os custos a longo prazo e promoverá o nível desejado de serviço.

Seja qual for a alternativa de manutenção ou de reabilitação definida hoje, a sua implementação ensejará em consequências no sistema de OAEs de uma malha, o que gera a necessidade de mecanismos de previsão dos efeitos futuros.

As duas ferramentas de previsão mais importantes para a operação de um sistema de gestão de OAEs são os **modelos de deterioração de pontes** e os **modelos de custos relacionados a pontes**. Esses dois modelos produzem dados de engenharia e econômicos que alimentam o módulo de otimização, responsável por selecionar os projetos para o maior benefício econômico.

Assim, a análise dos dados pode ser dividida em três módulos principais:

- Análise das condições da estrutura;
- Análise dos custos;
- Otimização.

TOME NOTA

A análise da condição da estrutura pode ser feita por modelos de natureza **empírica**, desenvolvidos com base em dados experimentais ou reais, ou podem ser de natureza **mecanicista**, desenvolvidos a partir de modelos teóricos associados aos mecanismos de degradação. Considerando as incertezas envolvidas, os modelos de previsão podem ainda ser classificados como sendo de natureza **determinística ou probabilística**.

4.3 Suporte à decisão

Um sistema de gerenciamento de OAEs tem o objetivo principal de auxiliar os gestores na alocação dos recursos, que muitas das vezes são limitados, de forma que o nível mínimo de serviço seja garantido. Para isso, o sistema deve suprir o gestor de informações sobre as estruturas e de resultados das análises feitas com base nos modelos de deterioração e de custos, de forma que as decisões sejam embasadas em subsídios consistentes (RYALL, 2010).

A escolha da melhor política de gestão das OAEs não deve ser feita pelo sistema, uma vez que essa decisão requer experiência, conhecimento e prática, características encontradas somente em um gestor experiente.

O sistema de gerenciamento nunca terá em seu banco de dados todas as informações necessárias para uma decisão gerencial, tais como experiência dos engenheiros, necessidades locais, dentre outras. Um SGO deve então ser usado como uma ferramenta de auxílio ao gestor.

4.4 Evolução dos sistemas de gerenciamento de OAEs

O que foi mostrado no item anterior relata as funcionalidades dos sistemas mais modernos. Entretanto, como pode ser observado na Tabela 1, há uma grande quantidade de sistemas, com diferentes características e funcionalidades, que foram desenvolvidos para atender às necessidades dos seus usuários.

Este item se dedica a apresentar a evolução dos sistemas de gerenciamento de estruturas, desde os mais simples (1ª geração) até os mais modernos, capazes de fazer análises envolvendo a previsão do estado de condição das estruturas e a avaliação econômica (3ª geração).

O grande número de informações processadas no gerenciamento de OAEs remete à necessidade de ferramentas informatizadas, especialmente quando se trata de um estoque com muitas estruturas.

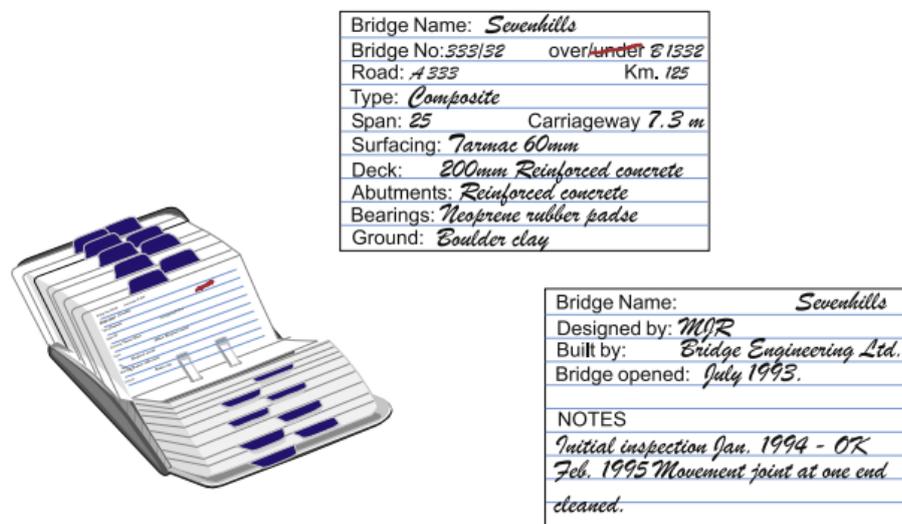
Os primeiros sistemas de gerenciamento de OAEs foram desenvolvidos com base no conhecimento adquirido no desenvolvimento de outros sistemas de gerenciamento de infraestrutura, principalmente os sistemas de gerência de pavimentos.

Devido às particularidades das estruturas das OAEs, se tornou necessário o desenvolvimento de ferramentas específicas para sua gestão. Smith e Silva Filho (1999) apresentaram a evolução dos sistemas de gestão de OAEs, partindo dos sistemas mais antigos, chamados de primeira geração, até os sistemas mais modernos, chamados de terceira geração. Essa evolução será descrita a seguir.

Os sistemas de primeira geração são compostos por uma simples interface que fornece ao usuário o acesso a alguns tipos de informação de cada estrutura, tais como as características e informações obtidas das inspeções.

Sistemas de primeira geração são uma forma fácil e segura de armazenar as informações das OAEs. O acesso imediato aos dados permite saber a situação e as necessidades de cada estrutura em particular. Ryall (2010) faz uma comparação desse nível de sistema a um índice de cartões (Figura 5).

Figura 5 - Índice de cartões com informações básicas (sistema de primeira geração).



Fonte: Ryall (2010).

A existência de informações sobre as características e as condições das OAEs armazenadas em um banco de dados de fácil acesso (sistemas de primeira geração), motivou o desenvolvimento de procedimentos para a manipulação dessas informações de forma a se ter um melhor entendimento do seu significado.

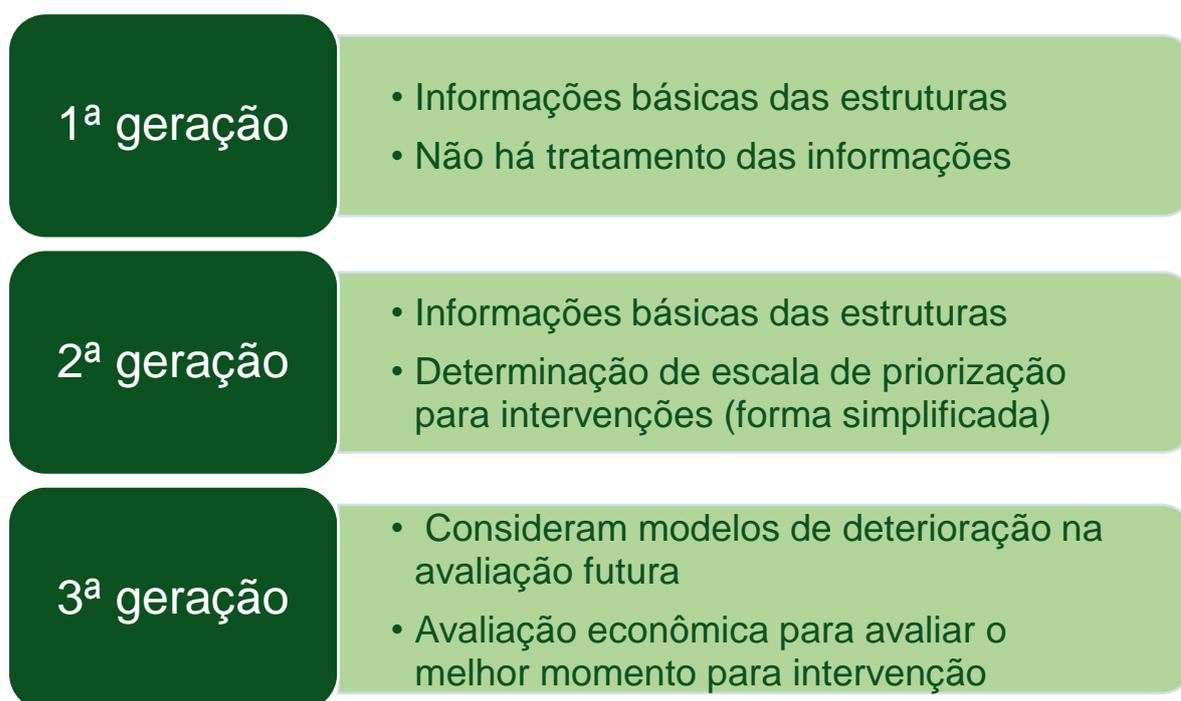
Devido ao grande número de estruturas geralmente existentes em um estoque, esse entendimento se tornou imprescindível para produzir as informações necessárias aos tomadores de decisão, aumentando a velocidade do processamento das informações das OAEs.

Ao longo do tempo, vários módulos analíticos de manipulação de dados foram desenvolvidos e incorporados aos sistemas de primeira geração, criando o que passou a ser chamado de sistema de *segunda geração*. Essa geração de sistemas usa os dados armazenados para determinar, geralmente de uma forma simplificada,

uma escala de priorização para intervenções, usando um procedimento de hierarquização simples para determinar a importância relativa das necessidades de operação de cada estrutura.

A Figura 6 mostra as três gerações de sistemas de gerenciamento de OAEs e suas principais características.

Figura 6 - Os sistemas de gerenciamento de OAEs podem ser divididos em 3 gerações.



Fonte: autor.

TOME NOTA

Apesar de haver a proposta de evolução dos sistemas de gerenciamento de estruturas em gerações, estas não são vinculadas a datas específicas, e sim às **funcionalidades** dos sistemas. Um sistema de 1ª geração pode atender perfeitamente às necessidades de um pequeno estoque de estruturas na atualidade, podendo não ser muito apropriado para um gestor com um grande estoque.

5 O GERENCIAMENTO DE OAEs NO DNIT

No início da década de 1990 o avanço das ferramentas computacionais permitiu o aparecimento de sistemas de gerenciamento de OAEs. Esses sistemas já eram capazes de organizar os dados obtidos nas inspeções e utilizar modelos matemáticos para fazer previsões e recomendações de apoio à decisão. Os dois mais conhecidos eram o *Pontis*, patrocinado pela FHWA e direcionado a grandes estoques de estruturas, e o *Bridgit*, nascido de uma cooperação entre a *Highway Research Program* - NCHRP e o *Transportation Research Board* - TRB (FHWA, 2012). Os sistemas de gerenciamento de estruturas serão tratados no próximo tópico.

Com o avanço dos sistemas de gerenciamento de estruturas, muitos países se atentaram para o aparecimento desses sistemas e seguiram no caminho do gerenciamento das estruturas.

No Brasil, o extinto Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER, também se mostrava atendo aos recentes acontecimentos e às necessárias evoluções no campo das OAEs, sendo que, até 1993 o DNER possuía o Sistema Geral de Cadastro Rodoviário - SIGCAR, que armazenava apenas informações cadastrais básicas sobre as pontes existentes, não chegando a ser um sistema de gestão de estruturas.

Em 1993 o DNER deu início à implementação do Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais - SGO, que se deu em três fases:

- A primeira fase, executada entre 1993 e 1994, se dedicou à concepção e desenvolvimento de um sistema para atender de forma customizada às necessidades do DNER.
- Entre 1995 e 1997 foi executada a segunda fase, que contemplou a implantação e operação do Sistema em nível nacional, contando ainda com a inspeção de 1000 estruturas (DNIT, 2004).
- A grande evolução dos recursos de informática após a concepção do SGO, na 1ª fase, e os resultados obtidos durante a 2ª fase, apresentaram a oportunidade de avanços no sistema. Assim, em novembro de 2001, o Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR,

iniciou a 3ª fase de implantação, resultando em melhorias substanciais na concepção gerencial, além de incorporar o conceito de gestão a nível de elemento. O SGO foi entregue em definitivo para o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT, que passou a contar com um sistema bastante completo para os padrões da época.

Em 2012, o DNIT iniciou uma campanha nacional de inspeções cadastrais e rotineiras nas OAEs sob sua administração. Com a entrega das primeiras inspeções foi constatada a necessidade de adequar o fluxo de trabalho, e por consequência, o sistema.

O SGO funcionava apenas na rede interna do DNIT, o que tornava o fluxo de informações demasiadamente moroso, uma vez que todo lançamento e conferência deveria ser feito em uma das unidades do DNIT. Nesse cenário, uma nova oportunidade de melhoria surgiu.

Como solução, houve a migração do SGO para um sistema web, permitindo que os inspetores carreguem as informações de qualquer local com acesso à internet.

A Figura 7 mostra o fluxo de informações praticado na versão web do sistema, se iniciando com a ferramenta mobile no auxílio aos trabalhos de campo, passando pelo SGO inspetor, ambiente utilizado pelas equipes de inspeção para inclusão das informações coletadas durante as inspeções, e seguindo para a análise e validação das informações pela equipe do DNIT. Ao final do processo, as inspeções são disponibilizadas para consultas no SGO web.

Figura 7 - (a) fluxo de informações das inspeções no SGO web e (b) tela do SGO mobile (SGO)



(a)



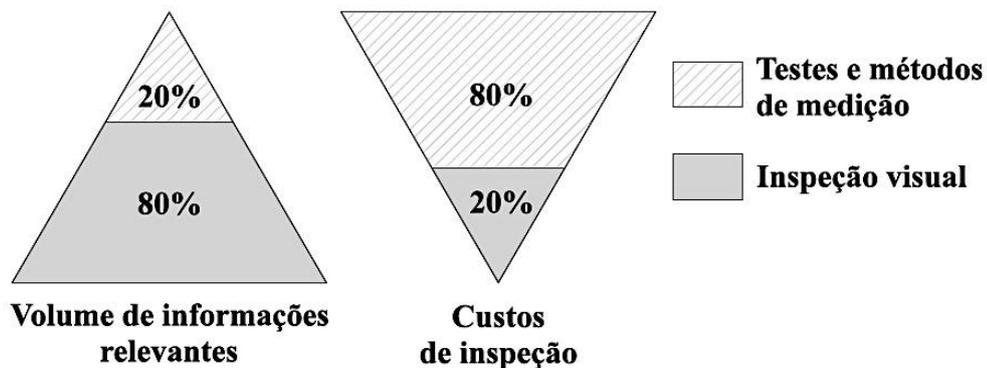
(b)

Fonte: SGO.

O SGO vem sendo utilizado no DNIT permitindo bastante agilidade no registro e acesso às informações coletadas durante as inspeções. A inspeção visual, feita de forma rotineira, é o método de melhor relação custo/informação. Quando realizada por pessoal qualificado, se mostra um meio econômico e confiável, fornecendo uma visão geral da condição da estrutura.

A Figura 8 ilustra a relação dos custos com os resultados obtidos: 80% das informações relevantes para a gestão das estruturas são obtidas com apenas 20% dos custos de inspeção, o que não dispensa a realização de procedimentos mais específicos. Esses procedimentos, por serem mais onerosos, devem ser realizados em casos e momentos específicos (CEB-FIB, 2002).

Figura 8 - Importância da inspeção visual mostrada em termos de informações obtidas e dos custos totais de inspeção.



Fonte: Adaptado de CEB-FIB (2002).

As informações existentes no SGO servem de base para o gerenciamento de estruturas praticado atualmente no DNIT. As atividades de manutenção e reabilitação são executadas no âmbito do Programa de Manutenção e Reabilitação de Estruturas - PROARTE, que será apresentado no próximo módulo.

6 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. M. M. R. M. O. **Sistema de gestão de pontes com base em custos de ciclo de vida**. Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2013. 380 p.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS - AASHTO. **Maintenance manual for roadways and bridges**. Washington, 2007, 347 p.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS - AASHTO. **The manual for bridge evaluation**. 2 ed. Washington, 2013, 558 p.
- BERTOLINI, L. **Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 414 p.
- CEB-FIB. **Bulletin 17 - Management, maintenance and strengthening of concrete structures, Technical Report**, 2002.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Implantação e operação em âmbito nacional do sistema de gerenciamento de pontes - 3ª fase, Relatório final**, Brasília, DF, 2004. 5 v.
- FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION - FHWA, **Bridge inspector's reference manual**. Arlington, Virgínia, 2012, 2 v.
- FRANGOPOL, D. M., SABATINO, S., DONG, Y. **Bridge Life-Cycle Performance and Cost: Analysis, Prediction, Optimization and Decision Making**. In: IABMAS 2016 - Maintenance, Monitoring, Safety, Risk and Resilience of Bridges and Bridge Networks, Foz do Iguaçu, Brasil, 2016.
- RYALL, M. J. **Bridge management**. 2 ed. Oxford: Elsevier, 2010. 560 p.
- SMITH, N. J.; SILVA FILHO, L. C. P. **Economic appraisal in advanced bridge management systems**. In: IBMC, 1999, Denver. **Transportation Research Circular 498 - Presentations from the 8th International Bridge Management Conference**. Washington, D.C.: Transportation Research Board, 1999. v. I.