

Relatório de Pesquisa IPR RP – 028

**SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE
ESTRUTURAS (SGE)**

BRASÍLIA/DF
SETEMBRO/2026

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES
DIRETORIA-GERAL
DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA
INSTITUTO DE PESQUISAS EM TRANSPORTES

Relatório de Pesquisa IPR RP – 028

SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE ESTRUTURAS (SGE)

Elaboração: Coordenação-Geral de Planejamento e Programação de Investimentos –

CGPLAN/DPP/DNIT

Processo: SEI nº 50600.006669/2025-81

DOI: 10.70859/IPR-RP-028/2026

Brasília/DF
Setembro/2026

EQUIPE TÉCNICA:

Eng.º Paulo Fernando Matos de Santana, Me. – Consórcio ARRB/Dyna

Eng.º Matheus Sant’Anna Andrade, Dr. – Consórcio ARRB/Dyna

Eng.º Christian Alexandre Feitosa Souza, Dr. – Consórcio ARRB/Dyna

Eng.ª Iviane Cunha e Santos, Dra. – CGPLAN/DPP/DNIT

Eng.º Carlos Antonio Gomes Coelho – CGPLAN/DPP/DNIT

Eng.º Rogério Calazans Verly, Me. – CGPLAN/DPP/DNIT

Eng.º Paulo Moreira Neto – CGPLAN/DPP/DNIT

Eng.º Luiz Guilherme Rodrigues de Mello, Dr. – DPP/DNIT

REVISÃO DE EDITORAÇÃO:

Eng.º Galileu Silva Santos – IPR/DPP/DNIT

Eng.ª Simoneli Fernandes Mendonça – IPR/DPP/DNIT

Eng.º Marcos Felipe Veverka Faria – Consórcio Progen/HPT

Brasil. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.
Diretoria-geral. Diretoria de Planejamento e Pesquisa.
Instituto de Pesquisas em Transportes.

Sistema de Gerenciamento de Estruturas (SGE) – Brasília/DF,
2026.

50 p. (Relatório de Pesquisa – IPR RP 028)

O conteúdo apresentado neste documento é de inteira responsabilidade dos autores.

A reprodução completa ou parcial desta publicação é permitida, sem alterar seu conteúdo, desde que não tenha fim comercial e que seja citada a referência bibliográfica completa.

RESUMO

O Sistema de Gerenciamento de Estruturas (SGE) é a ferramenta utilizada pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) para gerenciar pontes, viadutos, passarelas, bueiros, túneis e muros de contenção, sucedendo ao antigo Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais (SGO). O SGE traz avanços significativos no suporte à tomada de decisão para intervenções e atividades de priorização, por meio da implementação de ferramentas analíticas que transformam dados de cadastro e inspeção em informações úteis para o suporte à tomada de decisão voltadas para a atividade de planejamento e priorização das intervenções. O sistema é composto por módulos específicos, como painel de gestão de estruturas, entrada de dados, gerenciamento de inspeções, emissão de relatórios, avaliação de deterioração, informações sobre cargas especiais, ferramentas de planejamento, repositório de dados de intervenção e administração geral. A metodologia estocástica baseada em cadeias de Markov permite prever a deterioração das estruturas, enquanto uma árvore de decisão define as necessidades de manutenção e os custos unitários com base nos dados de inspeção. Indicadores estratégicos orientam a priorização dentro dos limites orçamentários, tornando o SGE uma plataforma robusta de gestão de ativos, voltada para o planejamento inteligente de intervenções e a extensão da vida útil das estruturas, indo além da simples função de armazenamento de dados.

Palavras-chave: Sistema de Gerenciamento de Estruturas; Pontes; Gestão; DNIT; Brasil.

ABSTRACT

The Structure Management System (SGE) is the management tool used by the National Department of Transportation Infrastructure (DNIT) to oversee bridges, viaducts, footbridges, culverts, tunnels, and retaining walls. It succeeds the previous Bridge Management System (SGO), introducing significant advancements in decision-making support for intervention and prioritization activities. The new system's main advances are the implementation of analytical tools that support decision-making focused on intervention and prioritization activities. The SGE consists of purpose-built modules for specific purposes, including: the structure management panel, the data entry module, inspection management, report release, structure deterioration assessment, special load information, planning tools, an intervention data repository, and overall system administration. A stochastic methodology based on Markov Chains predicts structural deterioration, while a decision tree defines maintenance needs and unit costs based on inspection data. A decision tree defines the current maintenance needs of structures based on inspection data, resulting in unit maintenance costs. Strategic indicators guide prioritization within budget constraints, making the SGE a robust asset management platform focused on extending the useful life of structures through informed planning rather than merely storing data.

Keywords: Structures Management System; Bridges; Management; DNIT; Brazil.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

AASHTO – *American Association of State Highway and Transportation Officials*

AET – Autorização Especial de Trânsito

AHP – *Analytic Hierarchy Process*

CGPLAN – Coordenação Geral de Planejamento e Programação de Investimentos

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

EVE – Estudo de Viabilidade de Trânsito

FHWA – *Federal Highway Administration*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ID – Índice de Durabilidade

IE – Índice Estrutural

IF – Índice Funcional

OAE – Obra de Arte Especial

PATO – Programa Anual de Trabalho e Orçamento

PNMR – Plano Nacional de Manutenção Rodoviária

SERPRO – Serviço Federal de Processamento de Dados

SICRO – Sistema de Custos Referenciais de Obras

SGE – Sistema de Gerenciamento de Estruturas

SGO – Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais

VMDe – Volume Médio Diário Anual

VMDe – Volume Médio Diário Comercial

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Custos e efeitos das intervenções e da deterioração no desempenho estrutural	10
Figura 2.2 – Linha do tempo da criação de alguns BMSs.....	11
Figura 2.3 – Exemplo de definição dos estados de condição de acordo com o MBEI.....	13
Figura 2.4 – Telas de identificação das pontes no LTBP <i>InfoBridge</i> (2025)	19
Figura 3.1 – Tela do painel gerencial de estruturas	24
Figura 3.2 – Página de detalhamento da estrutura (inspeção cadastral).....	27
Figura 3.3 – Página de inspeção cadastral de uma estrutura (ponte)	28
Figura 3.4 – Página de inspeção rotineira de uma estrutura (ponte)	29
Figura 3.5 – Tela do módulo gestão de inspeções	31
Figura 3.6 – Gerar Relatórios: Seleção de Estruturas	33
Figura 3.7 – Gerar Relatórios: Parâmetros de exportação	34
Figura 3.8 – Resultado de um modelo de deterioração de estruturas	36
Figura 3.9 – Painel de indicadores estratégicos para a gerência de estruturas.....	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	9
2.1	CICLO DE VIDA DAS ESTRUTURAS	9
2.2	SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE PONTES NO MUNDO.....	10
2.2.1	ARMAZENAMENTO DE INFORMAÇÕES	12
2.2.2	FERRAMENTAS ANALÍTICAS	14
2.2.3	SUPOORTE À DECISÃO	15
2.3	<i>INFOBRIDGE</i> : UM BANCO DE DADOS ABERTO.....	17
3	SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE ESTRUTURAS (SGE)	20
3.1	AMPLIAÇÃO DO ESCOPO DE ESTRUTURAS	21
3.2	SUBMÓDULOS DE PONTES.....	22
3.2.1	PAINEL GERENCIAL DE ESTRUTURAS.....	23
3.2.2	ENTRADA DE DADOS.....	30
3.2.3	GESTÃO DE INSPEÇÕES	30
3.2.4	RELATÓRIOS.....	32
3.2.5	DETERIORAÇÃO	34
3.2.6	CARGA LÍMITE	37
3.2.7	PLANEJAMENTO	37
3.2.8	INTERVENÇÕES.....	38
3.2.9	ADMINISTRAÇÃO.....	40
3.3	FERRAMENTAS ANALÍTICAS	40
3.3.1	ANÁLISE DA DETERIORAÇÃO DE ESTRUTURAS.....	40
3.3.2	MATRIZ DE SOLUÇÃO.....	42
3.3.3	INDICADORES	43
3.4	PERFIS DE ACESSO	46
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

1 INTRODUÇÃO

O presente relatório foi desenvolvido com o propósito de fornecer orientações aos usuários, especificamente aos perfis de consulta, sobre a utilização do Sistema de Gerenciamento de Estruturas (SGE) do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), instruindo-os quanto ao funcionamento do sistema, às suas características operacionais e aos procedimentos necessários para acessar suas funcionalidades.

O desenvolvimento do SGE foi realizado concomitantemente com a atualização da Norma DNIT 010/2024 – PRO, permitindo que a ferramenta contemple os dados mais atualizados para o levantamento e avaliação das estruturas, como o cadastro individualizado dos elementos componentes, a caracterização dos tramos e uma metodologia de avaliação dos danos, por meio do Estado de Condição. Tais mudanças incrementam a confiabilidade dos dados cadastrais e das inspeções, auxiliando no planejamento das ações de manutenção nas estruturas.

Na concepção do SGE, cada família de elementos possui registros dos elementos individuais, oferecendo uma visão clara da quantidade e disposição dos elementos em cada estrutura. Além disso, os danos estão vinculados a cada elemento, com localização detalhada por um sistema de coordenadas locais. O SGE foi projetado para armazenar informações do cadastro e de inspeções, preparando-se para evoluções que integrem modelos de *Building Information Modeling* (BIM).

Visando ao conhecimento das capacidades do SGE, como ferramenta de gerenciamento e suporte à tomada de decisão, é realizada a seguir a apresentação de todos os módulos e ferramentas do sistema, independentemente do perfil de acesso que pode ser atribuído a um usuário. Nos módulos aos quais os perfis “Consulta” e “Relatório” possuem acesso, serão apresentados maiores detalhes.

2 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

2.1 CICLO DE VIDA DAS ESTRUTURAS

O ciclo de vida de uma estrutura abrange diversas etapas, desde o projeto e a construção até a fase de operação e, eventualmente, a desativação ou demolição. Ao longo desse período, as estruturas estão sujeitas a diferentes mecanismos de deterioração, decorrentes tanto do envelhecimento natural dos materiais quanto das ações a que são submetidas. Entre os principais fatores responsáveis pela degradação, destacam-se as solicitações induzidas pelo tráfego, a exposição a ambientes agressivos, os efeitos de ações acidentais e a influência de fenômenos naturais, como inundações, variações térmicas extremas e processos erosivos.

A progressão desses mecanismos compromete gradualmente o desempenho estrutural, podendo afetar sua segurança e funcionalidade. Nesse contexto, intervenções de manutenção tornam-se essenciais. Quando realizadas no momento oportuno, tais ações retardam a evolução dos danos, preservam a capacidade resistente e reduzem a necessidade de intervenções futuras de maior complexidade e custo.

A avaliação do estado de deterioração e das condições de desempenho das estruturas é conduzida principalmente por meio de inspeções periódicas, geralmente de caráter visual. Com base nos dados obtidos em campo, definem-se prioridades e estratégias de intervenção. A Figura 2.1, adaptada de Frangopol (2011), ilustra a relação entre a deterioração ao longo do tempo, as ações de manutenção e seus impactos no desempenho estrutural e nos custos operacionais dentro de uma perspectiva de gestão baseada no ciclo de vida.

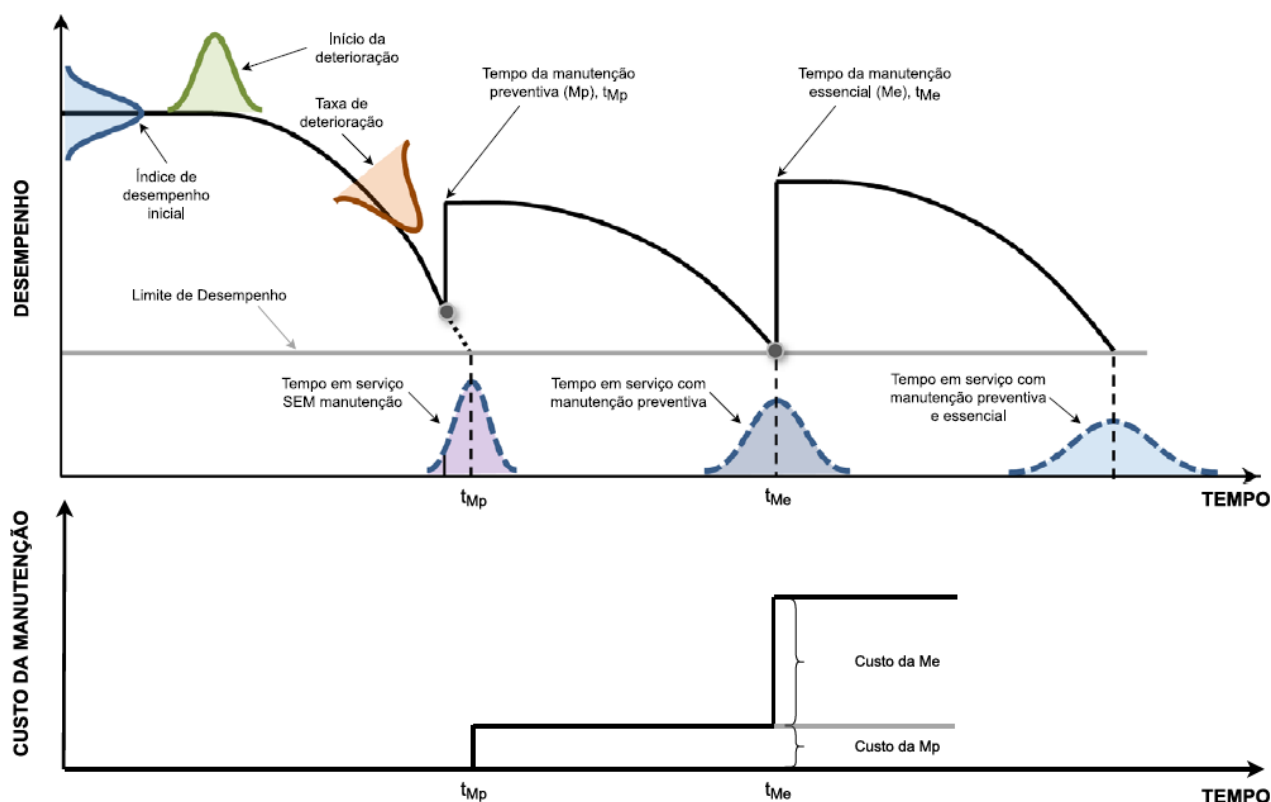


Figura 2.1 – Custos e efeitos das intervenções e da deterioração no desempenho estrutural

Fonte: adaptada de Frangopol (2011)

2.2 SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE PONTES NO MUNDO

Um sistema de gestão de pontes, em inglês *Bridge Management System* (BMS), é uma ferramenta que permite manter informações sobre um inventário de estruturas, analisar os dados coletados e auxiliar a tomada de decisão voltada para manutenção (Souza, 2025a).

O surgimento dos BMSs foi motivado por colapsos de pontes ao longo dos anos, em especial o colapso da Silver Bridge, em 1967, nos Estados Unidos, que deu início aos primeiros desenvolvimentos para a criação e padronização dos procedimentos de gerenciamento de pontes (Almeida, 2013). Com o passar dos anos, diversos BMSs foram implementados ao redor do mundo, conforme ilustrado pela linha do tempo exibida na Figura 2.2.

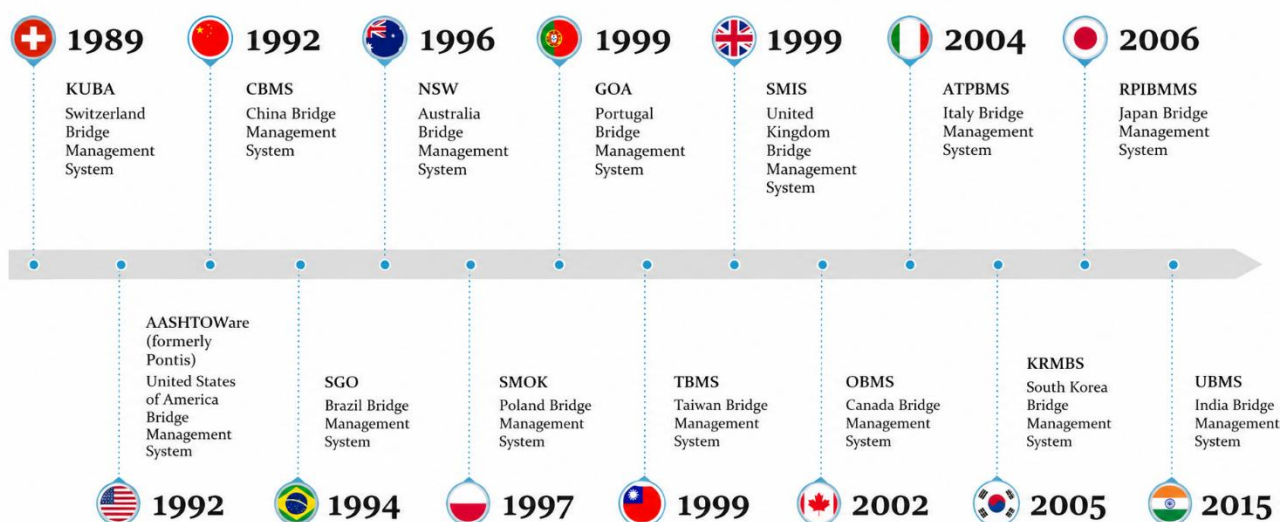


Figura 2.2 – Linha do tempo da criação de alguns BMSs

Fonte: Souza (2025)

A arquitetura geral de um BMS pode variar de acordo com as demandas de cada local e, em muitos casos, a função de inventário é priorizada sobre as demais. No entanto, Brighenti *et al.* (2024) complementam que, para efetivamente atender às diversas demandas de gerenciamento, um BMS deve ser adaptável e possuir diversos módulos desenhados para atender a necessidades específicas.

No cenário internacional, os Estados Unidos e a China se destacam em termos de gerenciamento de estruturas por possuírem os sistemas com o maior número de pontes, com 750.908 e 658.100 pontes, respectivamente (Souza, 2025a). No Brasil, estima-se que existam 137.000 pontes (Silva, 2021), das quais aproximadamente 7.000 estão sob administração do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), que detém competência para gerir a malha rodoviária federal não concedida, incluindo a manutenção e operação das obras de arte especiais, as quais são gerenciadas por meio do Sistema de Gerenciamento de Estruturas (SGE).

A seguir, serão descritas as três vertentes principais de um sistema de gestão de pontes, abordando isoladamente as funções de armazenamento de informações, tratamento de dados e auxílio à tomada de decisão.

2.2.1 Armazenamento de informações

O processo de tomada de decisão para manutenção também inclui decisões sobre quais dados são relevantes, a metodologia de coleta e como analisar essas informações. Dessa forma, o desenvolvimento de um BMS está diretamente relacionado ao formato e nível de detalhamento das inspeções, uma vez que os sistemas devem ser capazes de armazenar e processar as informações coletadas em campo (Bjornnsson *et al.*, 2019).

Em geral, cada país possui regulamentações próprias quanto à frequência e aos tipos de inspeções a serem realizadas em suas estruturas. Souza (2025a) conduziu um levantamento detalhado das metodologias de inspeção utilizadas no mundo, destacando a existência de até 9 níveis de inspeção adotados pela AASHTO. A AASHTO é a Associação Americana de Autoridades de Rodovias e Transportes Estaduais, uma agência mundialmente reconhecida como referência na regulamentação de metodologias de gerenciamento e avaliação de ativos de infraestrutura de transportes.

O Manual de Inspeção de Elementos de Pontes da AASHTO (2019) apresenta uma descrição da metodologia de inspeção e avaliação da condição ao nível de elemento. Essa metodologia avalia individualmente cada elemento a partir de descrições detalhadas e padronizadas sobre o estado de condição de cada dano, conforme exemplificado pela Figura 2.3.

De maneira semelhante, a norma DNIT 010/2024 –PRO também prescreve a avaliação em nível de elementos com definições de estados de condição para cada dano. A padronização da avaliação dos estados de condição dos defeitos, semelhante à adotada pela AASHTO (2019), está em processo de desenvolvimento e em breve será publicada, em continuidade à recente atualização da norma DNIT 010/2024 – PRO. Ainda no contexto nacional, a ABNT NBR 9452:2023 também fornece diretrizes para inspeção de pontes e viadutos. No entanto, não é prescrita a avaliação do estado de condição de cada dano, apenas a Nota Técnica para cada família de elementos.

Dessa forma, torna-se claro que é necessário o alinhamento entre as agências reguladoras e os gestores de ativos, visto que a inexistência de uma normativa nacional unificada tende a dificultar a gestão centralizada de ativos. A descentralização da gestão de ativos no Brasil foi destacada por Souza (2025) e se mostra como um grande desafio em nível nacional.

Condition State 1	Condition State 2	Condition State 3
None.	Present without measurable section loss.	Present with measurable section loss but does not warrant structural review.
		
	Boundary Image CS 2-3	
		

Figura 2.3 – Exemplo de definição dos estados de condição de acordo com o MBEI

Fonte: AASHTO (2019)

2.2.2 Ferramentas analíticas

As ferramentas analíticas de um BMS têm como principal objetivo tratar os dados coletados sobre as estruturas, permitindo a transformação de dados brutos em informação processada e parametrizada para refletir uma determinada característica da ponte.

2.2.2.1 Modelos de deterioração

Modelos de deterioração são utilizados para fornecer um prognóstico da condição da estrutura com base no seu histórico de inspeções. Existem três grandes tipos de modelos de deterioração, classificados de acordo com as ferramentas e técnicas de calibração, sendo eles: modelos determinísticos, probabilísticos e de inteligência artificial (Setunge *et al.* 2011 *apud* Santana *et al.*, 2023).

Um modelo de deterioração é calibrado para representar a realidade de uma ponte ou conjunto de pontes de uma determinada região. Existem diversos modelos calibrados para prever a degradação de estruturas ao redor do mundo. No contexto brasileiro, alguns modelos estão disponíveis na literatura técnica, como modelos determinísticos (Souza *et al.*, 2023), probabilísticos (Souza *et al.*, 2024; Oliveira, 2019) e modelos de inteligência artificial (Souza *et al.*, 2025b).

A simplicidade e capacidade de integrar conhecimentos de especialistas tornam os modelos baseados em cadeias de Markov um dos principais tipos de modelos utilizados em BMSs, implementados em pelo menos 11 sistemas no mundo (Brighenti *et al.*, 2024). Seguindo essa tendência internacional, os modelos de deterioração atualmente implementados no SGE também utilizam a abordagem de cadeias de Markov (Santana *et al.*, 2023).

2.2.2.2 Indicadores de performance

Os indicadores de performance existem para descrever diferentes aspectos de uma estrutura e podem representar características técnicas ou não técnicas da estrutura (Brighenti, 2024). Além disso, auxiliam na definição e no acompanhamento de objetivos dos gestores de ativos.

No contexto brasileiro, um dos principais indicadores é a Nota Técnica das estruturas, que é baseada em uma escala qualitativa simples relacionada com os danos identificados e a avaliação do inspetor quanto à urgência na intervenção. Por se tratar de uma metodologia expedita e de fácil implementação, esse indicador é comumente utilizado para avaliar a condição das pontes.

Apesar da ampla utilização devido à simplicidade da Nota Técnica, ressalta-se a subjetividade do inspetor durante a sua avaliação. Assim, torna-se importante considerar a análise de outros indicadores para avaliar a condição global da estrutura. Atualmente, os demais BMSs existentes no mundo utilizam como principais indicadores de desempenho a média ponderada, abordagem qualitativa, abordagem pelo pior elemento e abordagem baseada em razão (Brighenti *et al.*, 2024).

A abordagem qualitativa considera somente a Nota Técnica baseada em uma escala fixa de valores (por exemplo, de 1 a 5). A abordagem baseada em média ponderada leva em consideração a Nota Técnica de todos os elementos individuais e pondera a importância do elemento em termos de funcionalidade e segurança, a gravidade do dano e a importância da ponte na malha viária. A abordagem baseada no pior elemento avalia toda a estrutura em função do seu elemento crítico. Por fim, a abordagem baseada em razão define o indicador com base na razão entre a condição atual da ponte e a sua condição quando nova. (Brighenti *et al.*, 2024).

No contexto brasileiro, a metodologia GDE/UnB, aperfeiçoada por Verly (2015), propõe a avaliação quantitativa da condição de uma estrutura ponderando a gravidade de um dano, a importância do elemento e da família de elementos em que ele se encontra. Dessa forma, todos os danos são considerados para definir o grau de deterioração global da estrutura.

Além disso, Souza (2025a) propôs o Índice de Deterioração de Pontes, em inglês, *Bridge Deterioration Index* (BDI), que considera a condição de uma estrutura por meio da sua Nota Técnica, as condições ambientais às quais ela está exposta e o volume de tráfego solicitante. Segundo Souza (2025a), o BDI pode ser utilizado para planejamento de inspeções e priorização de intervenções de manutenção.

2.2.3 Suporte à decisão

A gestão de ativos comumente trabalha com grandes conjuntos de obras e precisa lidar com restrições econômicas, materiais e de pessoal (Brighenti, 2024). Dessa forma, existe a inerente necessidade de priorizar as atividades de manutenção entre as estruturas. A vertente de suporte à decisão de um BMS é voltada para a recomendação de ações de gerenciamento, através da otimização das atividades de manutenção, visando à minimização de custos ou ao melhor aproveitamento do orçamento disponível. Dessa forma, um BMS auxilia o gestor a realizar análises técnicas de priorização das atividades de manutenção, ampliação e reconstrução de estruturas de forma sistemática e, sempre que possível, automatizada (Santana *et al.*, 2023).

A maioria dos BMSs trabalha com duas principais ações de otimização: a primeira é o ranqueamento de estruturas para priorização de ações de manutenção e a segunda, a

análise custo-benefício (Mirzaei *et al.*, 2014). Ao nível de planejamento, a priorização é utilizada para decidir em quais pontes intervir, enquanto ao nível de projeto, a priorização pode ser utilizada para decidir qual a ação de manutenção mais recomendada (Zonta, 2007 *apud* Brighenti, 2024). Em relação à análise de custo, o apoio à decisão busca a minimização dos custos de ciclo de vida, respeitando os níveis de desempenho desejados para as obras de arte e as restrições impostas pelo decisor (Almeida, 2013).

Frente às limitações financeiras, muitos gestores optam pela estratégia de atender primeiramente às pontes em piores condições, buscando substituí-las e ignorando ações de manutenção preventiva nas demais estruturas. No entanto, essa estratégia se mostra ineficiente e proibitiva do ponto de vista financeiro (FHWA, 2018). A alocação de recursos pode seguir diversos critérios, incluindo análises multicritério para tomada de decisão, análise de ciclo de vida, planejamento de inspeções, otimização de custos, entre outros (Abdelkader *et al.*, 2025). A seguir, são descritos modelos de custos e tipos de intervenções que devem ser levados em consideração para a tomada de decisão.

2.2.3.1 Estratégias de intervenção

Em geral, as ações de manutenção podem ser divididas, segundo a FHWA (2018), em ações preventivas, de reabilitação e de substituição, sendo as ações preventivas subdivididas em ações de manutenção periódica e manutenção baseada na condição da ponte.

A manutenção periódica inclui ações de conservação que são realizadas em intervalos definidos e incluem a limpeza da ponte, desobstrução de juntas e drenos e a selagem de fissuras em elementos secundários. A manutenção baseada na condição da ponte ocorre em resposta aos defeitos existentes nos elementos identificados durante inspeções. A reabilitação inclui grandes intervenções para recuperar a integridade estrutural ou corrigir grandes problemas de segurança. Em geral, a definição entre reabilitação e substituição leva em consideração os custos do ciclo de vida das estruturas e outros fatores econômicos (FHWA, 2018).

Brighenti *et al.* (2024) também acrescentam a esses tipos a intervenção preditiva, que se baseia em informações dos modelos de deterioração das estruturas para planejar atividades de manutenção.

Além disso, as estratégias de intervenção podem focar na maximização do nível de qualidade do portfólio de estruturas (*Top-Down*), o que inclui priorizar pontes pela sua importância estratégica, ou focar na performance individual de cada ponte (*Bottom-Up*) visando garantir que todas as pontes atendam a um nível de performance mínimo (Mcgee *et al.*, 2002 *apud* Brighenti *et al.*, 2024). Em todos os casos, a definição de qual é a estratégia global de intervenção e o tipo de manutenção influenciam diretamente o custo associado.

2.2.3.2 Modelos de custo

Dentro de um BMS, a estimativa de custos é fundamental para subsidiar o planejamento das intervenções recomendadas pelo sistema. Para isso, o estabelecimento de uma matriz de solução robusta é importante para mapear todas as ocorrências das inspeções rotineiras e selecionar os pacotes de serviços adequados para a solução dos problemas da estrutura.

A matriz de solução é, portanto, uma ferramenta capaz de tratar os danos cadastrados no sistema e atribuir uma solução específica para cada dano ou conjunto deles, entregando assim uma estimativa de custo para o reparo da obra. Dessa forma, a matriz de solução é parte do modelo de custos de um sistema de gestão.

A partir de um modelo de custos robusto e adequado à realidade do parque de obras cadastrado no sistema, os produtos da ferramenta analítica permitem aos gestores, com uma maior assertividade, trabalhar com cenários de investimentos e priorizar as intervenções conforme os objetivos e metas da agência.

2.3 INFOBRIDGE: UM BANCO DE DADOS ABERTO

O LTBP *InfoBridge* (2025) é um banco de dados cujo acesso é livre e que reúne informações sobre 624.193 pontes localizadas nos Estados Unidos. Apesar de não se tratar de um BMS, o *InfoBridge* conta com ferramentas analíticas similares às de um sistema convencional. Esse banco de dados possui informações do *National Bridge Inventory* (NBI), o repositório nacional de informações de pontes nos Estados Unidos.

No *InfoBridge*, o usuário possui acesso a informações detalhadas de cada estrutura, incluindo dados de identificação, tipo de estrutura, material, administração, informações geométricas, volume de tráfego, estado de condição, entre outros. Além disso, o *website* conta com informações georreferenciadas de posicionamento das estruturas e possui comunicação direta com o *Google Street View*.

A análise de dados em nível de rede permite a avaliação do histórico de distribuição das pontes de acordo com a sua nota técnica, ano a ano, desde 1992. Em nível individual, é possível prever a condição futura das pontes através dos modelos de deterioração. Além disso, é possível desenvolver análises com base em tipos de estruturas e materiais específicos.

O escopo de aplicação do *InfoBridge*, no entanto, se limita a ser um repositório e a fornecer algumas ferramentas analíticas para exploração dos dados existentes. Dessa forma, não existem informações sobre manutenção de obras ou ferramentas de otimização voltadas para a tomada de decisão dos gestores. Tais funções estão disponíveis no BMS usado em cada estado. Apesar de não se tratar de um BMS, o *InfoBridge* cobre parte do escopo de um sistema de gestão, servindo de referência em termos de níveis de análise e compartilhamento de informações ao público em geral.

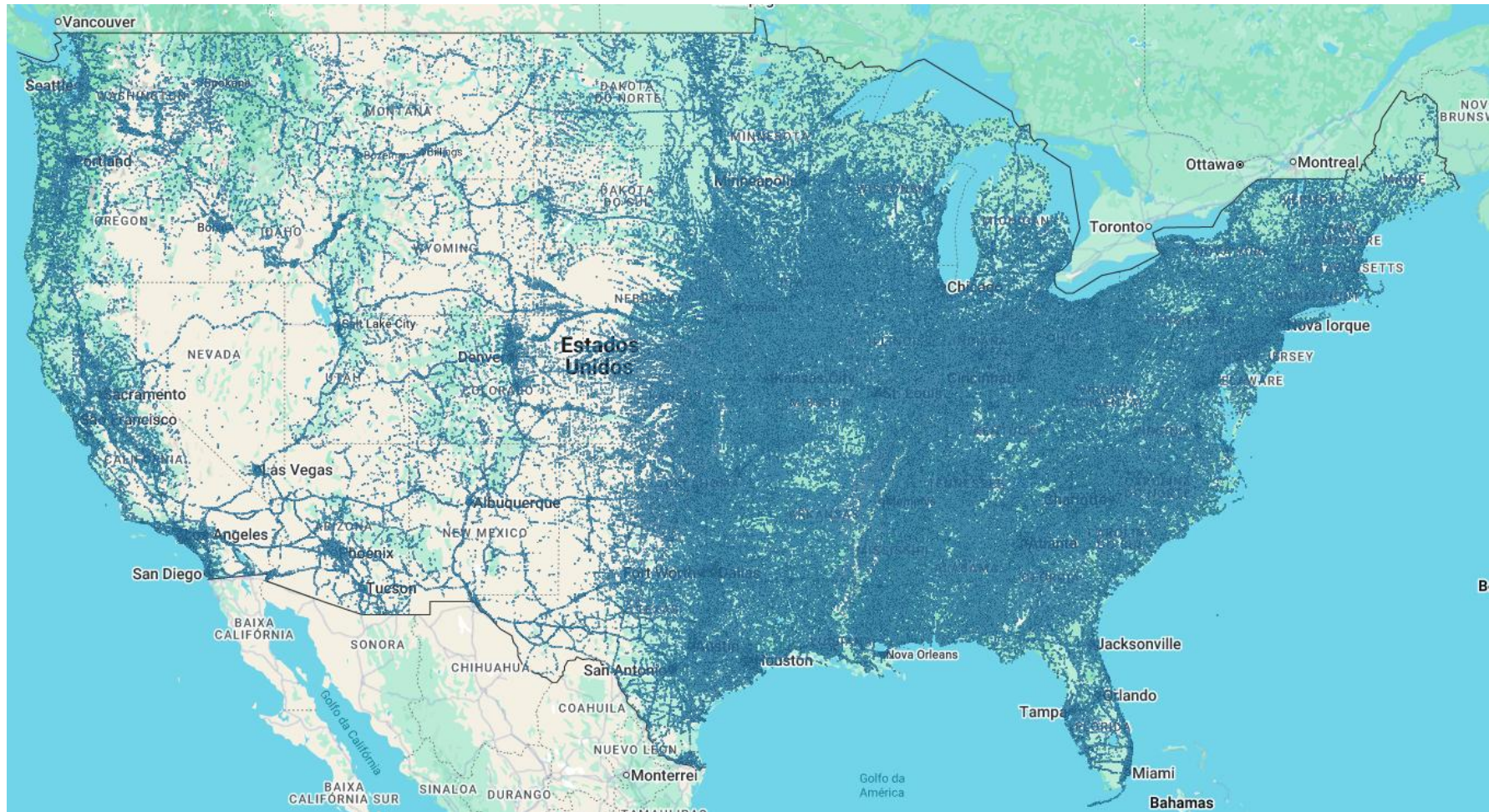


Figura 2.4 – Telas de identificação das pontes no LTBP

Fonte: InfoBridge (2025)

Selected Bridges

Map

Performance History

Performance Forecast

Selected Bridges

Table Options

	1 - State Name	8 - Structure Number	22 - Owner Agency	3 - County Name	4 - Place Code	City (InfoBridge Place Code-Name)	27 - Year Built	29 - Average Daily Traffic	43A - Main Span Material	43B - Main Span Design
	~ x	~ x	~ x	~ x	== x	~ x	== x	== x	~ x	~ x
	1 - Alabama	004125	County Highway Agency	095 - Marshall Cou	0	0 - No Place Code	1958	75	Concrete	Culvert
	1 - Alabama	004124	County Highway Agency	095 - Marshall Cou	0	0 - No Place Code	1958	75	Concrete	Culvert
	1 - Alabama	004123	County Highway Agency	051 - Elmore Coun	93141	0 - No Place Code	1951	360	Steel	Stringer/Multi-beam or Gi
	1 - Alabama	004122	State Highway Agency	061 - Geneva Cour	0	0 - No Place Code	1951	1,800	Steel Continuous	Stringer/Multi-beam or Gi
	1 - Alabama	004121	County Highway Agency	029 - Cleburne Cou	0	0 - No Place Code	1951	600	Concrete	Tee Beam
	1 - Alabama	004119	County Highway Agency	095 - Marshall Cou	0	0 - No Place Code	1958	75	Concrete	Culvert
	1 - Alabama	004117	State Highway Agency	061 - Geneva Cour	0	0 - No Place Code	1951	1,900	Concrete	Culvert
	1 - Alabama	004116	State Highway Agency	061 - Geneva Cour	0	0 - No Place Code	1951	1,230	Concrete	Tee Beam
	1 - Alabama	004115	State Highway Agency	061 - Geneva Cour	0	0 - No Place Code	1951	1,200	Concrete	Culvert
	1 - Alabama	004114	State Highway Agency	061 - Geneva Cour	0	0 - No Place Code	1951	1,200	Concrete	Culvert
	1 - Alabama	004112	County Highway Agency	125 - Tuscaloosa C	0	0 - No Place Code	1951	300	Concrete	Culvert
	1 - Alabama	004111	County Highway Agency	125 - Tuscaloosa C	0	0 - No Place Code	1951	400	Concrete	Culvert
	1 - Alabama	004110	County Highway Agency	125 - Tuscaloosa C	0	0 - No Place Code	1951	400	Concrete	Culvert
	1 - Alabama	004109	County Highway Agency	125 - Tuscaloosa C	0	0 - No Place Code	1951	300	Concrete	Culvert
	1 - Alabama	004254	County Highway Agency	075 - Lamar Count	0	0 - No Place Code	1952	500	Concrete	Culvert

View 1 - 15 of 624,193

Page 1 of 41,613 15

Figura 2.5 – Telas de identificação das pontes no LTBP

Fonte: InfoBridge (2025)

3 SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE ESTRUTURAS (SGE)

O Sistema de Gerenciamento de Estruturas (SGE) é a atual ferramenta voltada para o gerenciamento de estruturas sob administração do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). O SGE é, portanto, o sucessor do Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais (SGO), que teve sua concepção na década de 1990 e foi efetivamente utilizado em plataforma *web* nos anos 2000 para cadastro e avaliação de pontes, pontilhões, viadutos e passagens.

O SGO *web* foi desenvolvido e era hospedado e mantido pelo Serviço Federal de Processamento de Dados (SERPRO), a um custo mensal para o DNIT. Na concepção de desenvolvimento do SGE, toda a infraestrutura utilizada passou a estar no próprio Departamento. As alterações e evoluções propostas para o SGO implicaram grandes modificações na arquitetura do sistema, que justificaram a permanência e manutenção do banco de dados do novo sistema nas dependências da Autarquia, não mais necessitando do contrato com o SERPRO.

Dentre as principais alterações e evoluções que desencadearam no desenvolvimento do SGE, destaca-se a necessidade de implementação de ferramentas analíticas para suporte à tomada de decisão, além da inclusão de novos elementos que caracterizam, efetivamente, o gerenciamento de ativos de infraestrutura como as pontes, pontilhões, viadutos e passagens, por exemplo: previsão da deterioração, análises de custo de ciclo de vida, definição das necessidades atuais de manutenção, dentre outras.

Além das ferramentas analíticas citadas, o SGE avançou em relação ao SGO na caracterização das estruturas, ou seja, foi implementado um maior detalhamento da estrutura na inspeção cadastral. Assim, foram incluídos campos para a caracterização em nível de elemento individual, caracterização dos tramos, com especificação do tipo de estrutura e sistema construtivo, organização dos elementos componentes em regiões como transição, superestrutura e apoio, permitindo o cadastro de cada elemento em sua respectiva região e função.

Ainda, com relação aos elementos, foram incluídos campos para o cadastro das dimensões e da localização do elemento. Por fim, foram reavaliados campos na ficha de inspeção cadastral, de modo a facilitar o preenchimento por parte do inspetor. Essas alterações permitem adquirir dados por meio de serviços automáticos de consulta e da interoperabilidade entre sistemas, reduzindo assim a quantidade de campos informados pelo inspetor. Além disso, o preenchimento automático garante que informações dinâmicas estejam atualizadas independentemente da data em que foi realizada a inspeção cadastral, como é o caso do trecho SNV em que a OAE está inserida.

No que se refere às inspeções rotineiras, os avanços do SGE se propagaram com a inclusão dos elementos individuais, ou seja, a avaliação de cada elemento por meio da Nota Técnica, cuja metodologia já é consolidada tanto na ABNT NBR 9452:2023 quanto na Norma DNIT 010/2024 – PRO. Além da avaliação de cada elemento, foi incluída a avaliação de cada dano ao elemento, por meio da metodologia do Estado de Condição, introduzida na Norma DNIT 010/2024 – PRO.

Tais evoluções direcionaram a Autarquia para o desenvolvimento de uma ferramenta robusta, com muitas outras funcionalidades além do cadastro e da avaliação das Obras de Arte Especiais (OAEs) sob sua administração, com foco no gerenciamento dos ativos e no suporte à tomada de decisão para planejamento das intervenções de manutenção e prolongamento da vida útil das estruturas.

3.1 AMPLIAÇÃO DO ESCOPO DE ESTRUTURAS

No processo de aperfeiçoamento do gerenciamento de ativos de infraestrutura sob administração do DNIT, foi constatada a importância da inclusão no sistema dos demais tipos de estruturas, além das pontes, pontilhões, viadutos e passagens, como bueiros, contenções, túneis e passarelas. Até então, o DNIT não dispunha de um inventário completo e atualizado desses ativos, de modo que o gerenciamento da manutenção das estruturas não contemplava tais ativos, não se tendo também um panorama da quantidade de estruturas de cada tipo sob administração do DNIT.

Com a ampliação do escopo de estruturas na concepção do SGE, novos conceitos foram introduzidos para permitir o cadastro e a avaliação das estruturas em um único ambiente, impulsionando atualizações normativas e capacitações para o corpo técnico da Autarquia, desde a Sede até as Unidades Locais.

Para contemplar a inclusão de novas estruturas, o SGE possui uma nova página inicial (Figura 3.1), com módulos especialistas dedicados a cada ativo. Inicialmente, foram criados nove módulos principais, sendo eles:

- Pontes: Contém informações e ferramentas de análise e gestão de pontes;
- Bueiros: Contém informações e cadastros de bueiros;
- Contenções: Módulo inativo aguardando atualização futura do SGE;
- Túneis: Módulo inativo aguardando atualização futura do SGE;
- Passarelas: Módulo inativo aguardando atualização futura do SGE;
- Consulta de Estruturas: Módulo inativo aguardando atualização futura do SGE. Permitirá a visualização conjunta de todos os ativos;
- Planejamento: Permite a avaliação de indicadores de desempenho e matrizes de solução para os diversos ativos;

- Administração: Módulo de Configuração do Sistema; e
- Concessões: Módulo inativo aguardando atualização futura do SGE. Permitirá a visualização de estruturas em trechos concedidos.

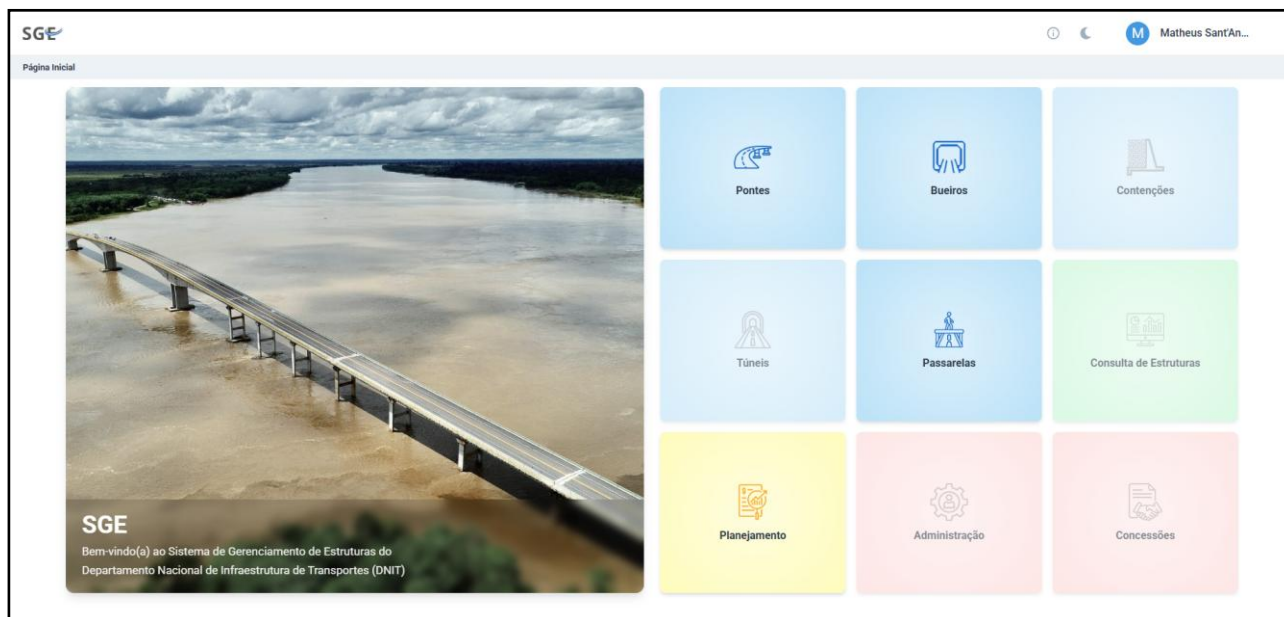


Figura 3.1 – Página inicial do SGE

Fonte: SGE – DNIT (2026)

3.2 SUBMÓDULOS DE PONTES

De maneira geral, cada módulo especialista do SGE é composto por submódulos, construídos para finalidades específicas, seja para um grupo de usuários, de estruturas ou de atividade de planejamento. São apresentados, a seguir, a lista de submódulos implementados para a gestão de pontes e, adiante, uma explicação detalhada do funcionamento e das restrições de cada um deles:

- Painel gerencial de estruturas;
- Módulo para entrada de dados;
- Gestão de Inspeções;
- Emissão de relatórios;
- Deterioração de estruturas;
- Carga Limite;
- Planejamento; e
- Intervenções.

3.2.1 Painel gerencial de estruturas

O Painel Gerencial de Pontes do SGE é composto por um conjunto de dados tabulares, georreferenciados e gráficos que representam as pontes cadastradas no sistema. Por padrão, o Painel Gerencial é aberto apresentando ao usuário os dados tabulares das pontes cadastradas (Figura 3.2). O usuário pode, entretanto, optar pela visualização das estruturas em mapa (Figura 3.3), por meio do botão de seleção do modo de visualização, destacado em verde na Figura 3.2 e na Figura 3.3.

O painel também dispõe de um conjunto de filtros que auxilia na seleção das estruturas de interesse. Atualmente, é possível realizar consultas com base na localização das pontes, por meio dos campos “Região”, “UF” e “BR”, além de outros filtros relacionados às características das obras. Tanto na visualização tabular quanto na visualização em mapa, é apresentado um gráfico com a distribuição das pontes por nota técnica, o qual é atualizado de forma responsiva conforme os filtros aplicados ao conjunto de estruturas.

Adicionalmente, o Painel Gerencial permite a extração dos dados por meio dos botões de exportação, que possibilitam o *download* da lista de pontes selecionadas, do mapa contendo essas estruturas, em formato PDF ou como camada georreferenciada, e dos painéis de distribuição por nota técnica ou tipo de inspeção.

Cabe destacar, entretanto, que a visualização dos dados no SGE é condicionada às atribuições do usuário. Dessa forma, o usuário terá acesso somente às UFs que lhe forem designadas por um administrador do sistema.

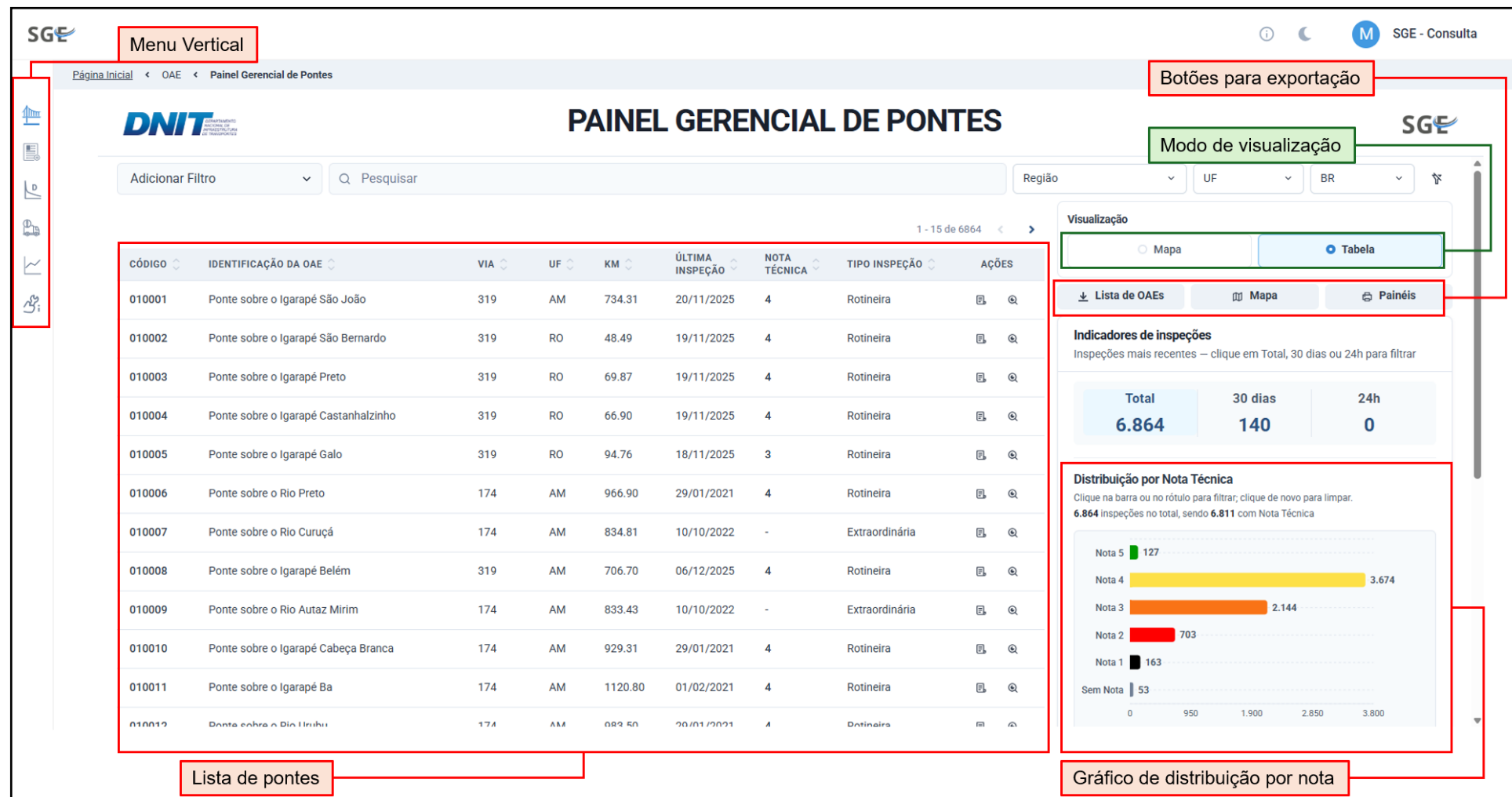


Figura 3.2 – Tela do painel gerencial de estruturas em modo “Tabela”

Fonte: SGE – DNIT (2025)

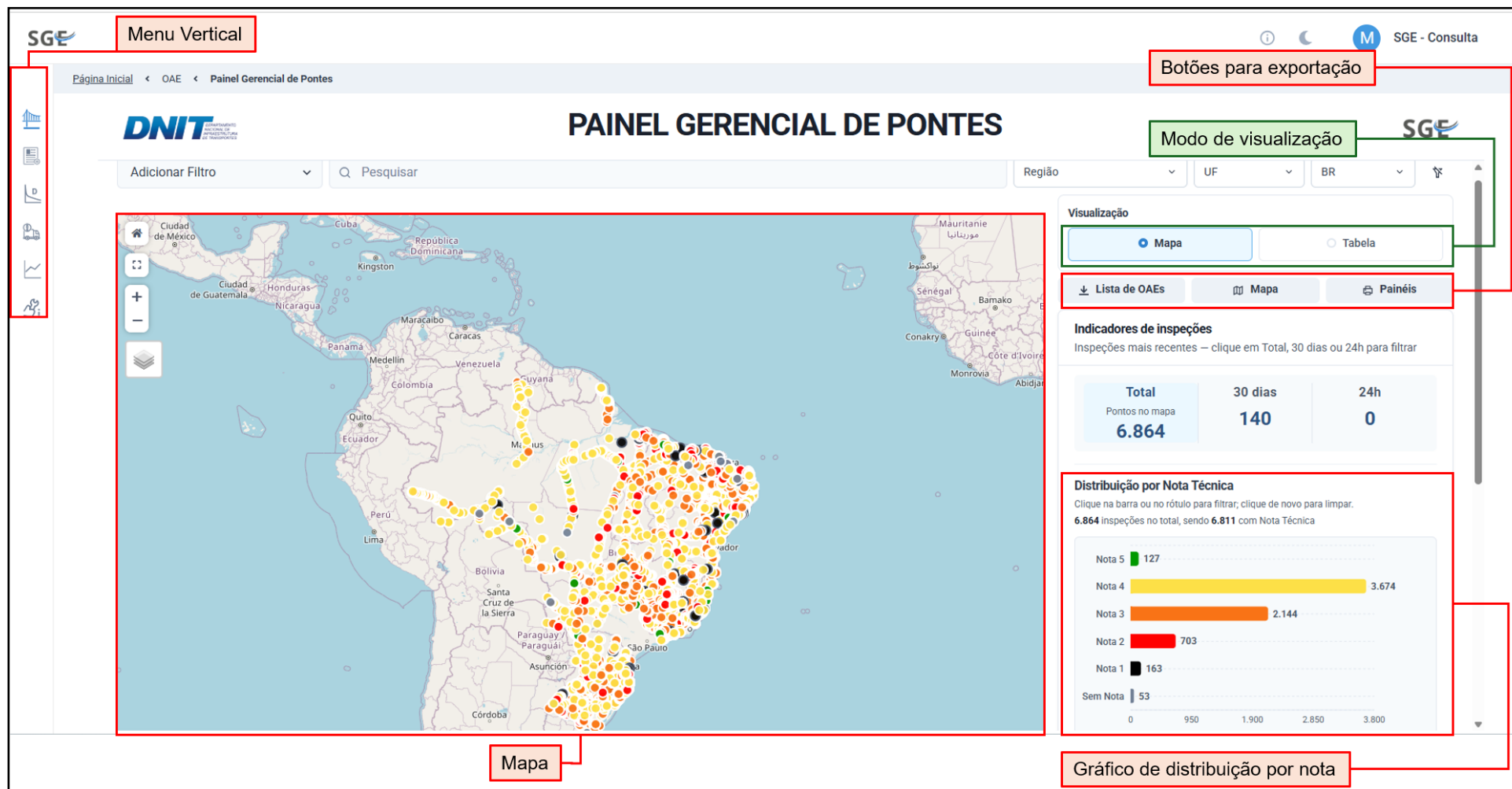


Figura 3.3 – Tela do painel gerencial de estruturas em modo “Mapa”

Fonte: SGE – DNIT (2026)

Caso o usuário opte por analisar com mais detalhes as informações de uma estrutura, basta clicar no ícone “Ver detalhe” localizado à frente do nome da ponte no modo de Tabela. A página de detalhamento de uma estrutura é exibida na Figura 3.4, a seguir. Nessa página, o usuário tem acesso aos dados de inspeção existentes para a estrutura, tanto inspeções de cadastro como rotineiras, intermediárias, extraordinárias e especiais. Além disso, o usuário também tem acesso às informações de intervenções realizadas na estrutura.

Inicialmente, o usuário acessará as informações de inspeção cadastral, mas uma lista de inspeções já realizadas também é exibida. Para o exemplo apresentado na Figura 3.4, a estrutura possui uma inspeção cadastral e duas inspeções rotineiras aprovadas. Caso existam registros de inspeções intermediárias, extraordinárias ou especiais, estes campos ficam habilitados na lista de inspeções. Na exibição da inspeção, cadastral ou rotineira, são apresentados os registros fotográficos e croquis disponíveis, possibilitando a visualização sem a necessidade de *download* de cada arquivo, por meio de um carrossel de imagens.

Na parte inferior da janela, como mostrado na Figura 3.4, existem as abas de informações sobre a inspeção cadastral da estrutura em tela. As abas são apresentadas em maior detalhe na Figura 3.5, a seguir, e incluem informações de: Identificação, Características Funcionais, Elementos Componentes, Aspectos Especiais, Deficiências Funcionais, Rotas Alternativas, Projeto de Substituição, além dos Arquivos Anexos. Acessando cada uma dessas abas, o usuário terá acesso às informações correspondentes.

Para uma inspeção rotineira, as abas de informações possuem campos específicos, conforme apresentado na Figura 3.6, a seguir. A aba “Dados Básicos” apresenta a data da inspeção, a condição de estabilidade e de conservação da estrutura e um resumo das Notas Técnicas atribuídas aos elementos de cada região da estrutura: superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura. A aba “Nota Técnica” apresentará o detalhamento das notas para cada elemento individual, enquanto a aba “Danos aos Elementos” apresentará a listagem de danos identificados em cada elemento. As informações de insuficiência estrutural, o laudo especializado e os arquivos anexos podem ser acessados pelas guias correspondentes.

SGE CONSULTA
Analista

Painel Gerencial de Estruturas < Ponte sobre o Igarapé São João

Ponte sobre o Igarapé São João

Ver no google maps

Inspeções Cadastrais (1) Inspeções Rotineiras (2) Inspeções Especiais (0) Inspeções Intermediárias (0) Inspeções Extraordinárias (0)

02/08/2019 Seleção da inspeção

5508 - Laje, Viga Longarina, Falta de pingadeira - 17/07/19

Fotos da inspeção

CAD - 1 1 / 1 50% Visualizador do croqui da ponte

Abas de informações sobre a ponte

Identificação Características Funcionais Elementos Componentes Aspectos Especiais Deficiências Funcionais Rotas Alternativas Substituição Observações Arquivos Anexos

Figura 3.4 – Página de detalhamento da estrutura (inspeção cadastral)

Fonte: SGE – DNIT (2026)

SGE SGE CONSULTA Analista

Painel Gerencial de Estruturas < Ponte sobre o Igarapé São João

Abas de informações sobre a ponte

Identificação Características Funcionais Elementos Componentes Aspectos Especiais Deficiências Funcionais Rotas Alternativas Substituição Observações Arquivos Anexos

Dados Básicos

Código	Natureza da Estrutura	Trem-Tipo
010001	Ponte	Classe 36
Comprimento (m)	Largura (m)	Ano de Construção
25.3	10.9	1985

Localização

UF	Via	Local na Via (km)
Amazonas	BR-319	734.31
Cidade mais próxima	SNV	Versão
HUMAITA	319BAM0220	202507A

Coordenadas Geográficas SIRGAS 2000

Latitude	Longitude	Altitude Geométrica (m)
-7.931716666666666	-63.33508333333334	60

Responsáveis

Superintendência Regional	Unidade Local
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DO DNIT NO ESTADO DO AMAZONAS	HUMAITÁ
Administração DNIT?	Administrador
SIM	DNIT

Campos de informações disponíveis

Figura 3.5 – Página de inspeção cadastral de uma estrutura (ponte)

Fonte: SGE – DNIT (2026)

SGE SGE CONSULTA Analista

Painel Gerencial de Estruturas < Ponte sobre o Igarapé São João

5477 - DSCN5477.JPG - 25/09/19

Dados Básicos Nota Técnica Danos aos Elementos Insuficiências Estruturais Laudo Especializado Arquivos Anexos

Data Inspeção 29/06/2019 Condição de Estabilidade 4 - Boa

Condição de Conservação 4 - Boa

Observações Ação biótica na laje, encontro cortina, pilar, viga de contraventamento, transversina e viga longarina - Encontro 1;

Região da Estrutura

NOME	NOTA TÉCNICA
Mesoeestrutura	4 - Boa
Superestrutura	4 - Boa
Infraestrutura	5 - Excelente
Complementar	5 - Excelente

Nota técnica por região da estrutura

Atualizado em 25/09/2019 por MYRELLE YASMINE DE FREITAS CÂMARA às 16:37:29

Figura 3.6 – Página de inspeção rotineira de uma estrutura (ponte)

Fonte: SGE – DNIT (2026)

3.2.2 Entrada de dados

O módulo para entrada de dados no sistema destina-se exclusivamente aos usuários cujos perfis de acesso são de Inspetor ou Avaliador. Esses dois atores no sistema desempenham papéis fundamentais para a alimentação do banco de dados de estruturas. Um inspetor é designado para inserir novas inspeções no sistema, sejam elas cadastrais, rotineiras, intermediárias, especiais ou extraordinárias. Um Avaliador, por sua vez, é designado para avaliar todos os registros de inspeções no sistema. Conferir os dados informados pelos inspetores sob a luz dos normativos vigentes e manuais do sistema é uma das atribuições durante o processo de avaliação. Os registros reprovados devem ser atualizados pelos inspetores e são reavaliados após retificação e, somente quando aprovados, são exibidos no painel gerencial de estruturas.

Os registros de inspeção podem ser inseridos e avaliados por um grupo de profissionais vinculados a um contrato de inspeções ou, extraordinariamente, fora do ciclo, para atualização da condição, acompanhamento de um dano específico ou por outro motivo.

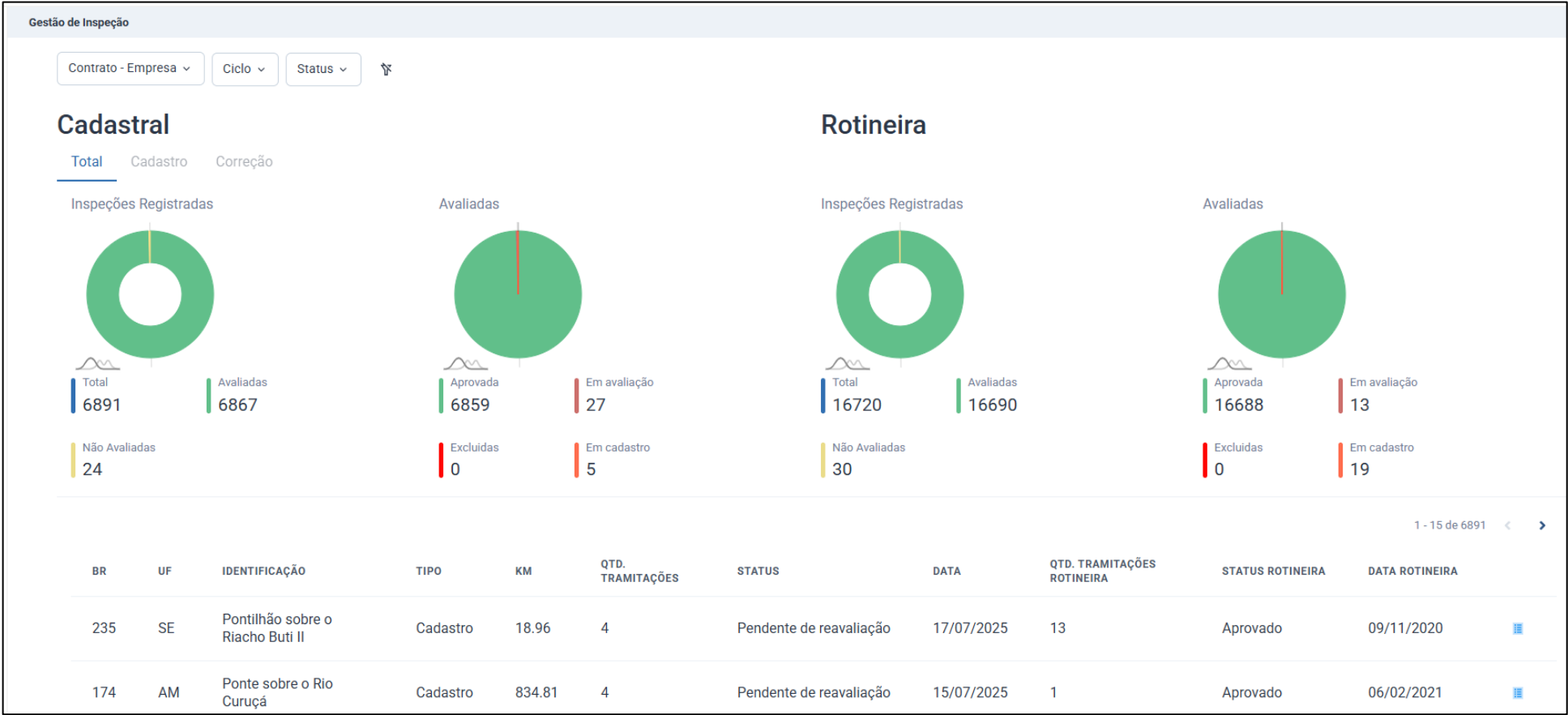
Em função da natureza da estrutura que se deseja cadastrar, o sistema direciona para formulários específicos. Estão agrupadas no mesmo formato de formulário para cadastro atualmente as seguintes naturezas: pontes, pontilhões, viadutos, passagens e passarelas. Para contenções, bueiros e túneis, são direcionados a formulários específicos com características relevantes e adaptadas à natureza de cada um.

3.2.3 Gestão de inspeções

O módulo para gestão de inspeções é destinado ao controle e acompanhamento principalmente dos contratos de levantamento para planejamento, onde são realizadas as inspeções cadastrais e rotineiras nas estruturas. A funcionalidade implementada no SGE contemplou, de maneira geral, todos os requisitos existentes no sistema Monalisa, desenvolvido no âmbito da Coordenação Geral de Planejamento e Programação de Investimentos (CGPLAN) para controle e fiscalização dos ciclos de inspeções ocorridos entre 2018 e 2020.

A Figura 3.7, a seguir, apresenta a tela inicial do módulo de gestão de inspeções, contendo o controle dos registros. Nessa tela é possível filtrar por contratos específicos, ciclos de levantamento, além do *status* do registro, ou seja, em cadastro, liberado para avaliação, pendente de avaliação, pendente de retificação, aprovado e excluído. Nos registros exibidos na parte inferior da tela, é possível detalhar o histórico de movimentações tanto da inspeção cadastral como das rotineiras.

Outras funcionalidades, como o cadastro de contratos, criação e avaliação de medições e controle de produtividade da equipe, estão presentes no módulo.



3.2.4 Relatórios

O módulo para emissão de relatórios no SGE é composto por uma lista de estruturas aprovadas para as quais é possível emitir os relatórios de cadastro e inspeção, conforme ilustra a Figura 3.8, a seguir. Tais estruturas podem ser selecionadas por meio de filtros localizados na parte superior da tela. Somente é possível gerar um relatório por vez, por meio do comando de exportação de relatórios. No entanto, é possível exportar informações básicas para um conjunto de OAEs por meio do botão “Exportar CSV”, localizado na parte inferior da tela.

Na exportação de um relatório do sistema para uma estrutura, um *pop-up* é aberto para seleção das opções de configuração do arquivo. Conforme ilustrado na Figura 3.9, a seguir, é possível extrair fichas de cadastro e inspeção, além dos registros fotográficos e croquis. Ainda é possível selecionar o ano em que a estrutura foi inspecionada para extração das informações referentes àquele ano.

SGE staging S SGE_CONSULTA Analista

Relatórios

Gerar Relatório

Q Pesquisar

UF Via Nota Técnica Min. Máx. Data da Inspeção Início Fim

Comando para exportação de relatórios

CÓDIGO ESTRUTURA	IDENTIFICAÇÃO DA OBRA	VIA	UF	LOCAL NA VIA(KM)	GERAR RELATÓRIO ÚNICO
010001	Ponte sobre o Igarapé São João	319	AM	734.31	→
010002	Ponte sobre o Igarapé São Bernardo	319	AM	752.6	→
010004	Ponte sobre o Igarapé Castanhalzinho	319	AM	771.01	→
010006	Ponte sobre o Rio Preto	174	AM	966.9	→
010007	Ponte sobre o Rio Curuçá	174	AM	834.81	→
010008	Ponte sobre o Igarapé Belém	319	AM	706.7	→
010009	Ponte sobre o Rio Autaz Mirim	174	AM	833.43	→
010010	Ponte sobre o Igarapé Cabeça Branca	174	AM	929.3	→
010011	Ponte sobre o Igarapé Ba	174	AM	1120.8	→
010012	Ponte sobre o Rio Urubu	174	AM	983.5	→
010013	Ponte sobre o Igarapé Bom Futuro	230	AM	624.19	→
010014	Ponte km 1124,72	174	AM	1124.72	→
010015	Ponte sobre o Igarapé Santa Cruz	174	AM	1008.31	→

Quantidade de Estruturas: 6850

Botão para exportação de informações das pontes

Exportar CSV

Figura 3.8 – Gerar Relatórios: Seleção de Estruturas

Fonte: SGE – DNIT (2026)

Parâmetro

Cadastro

Ficha ☒ Sim ☐ Não

Relatório Fotográficos ☒ Sim ☐ Não

Relatório Croqui ☒ Sim ☐ Não

Inspeção

Ficha ☒ Sim ☐ Não

Relatório Fotográficos ☒ Sim ☐ Não

Relatório Croqui ☒ Sim ☐ Não

Ano ☐ 2020 ☐ 2018 ☐ 2013

Gerar Relatório

Figura 3.9 – Gerar relatórios: parâmetros de exportação

Fonte: SGE – DNIT (2026)

3.2.5 Deterioração

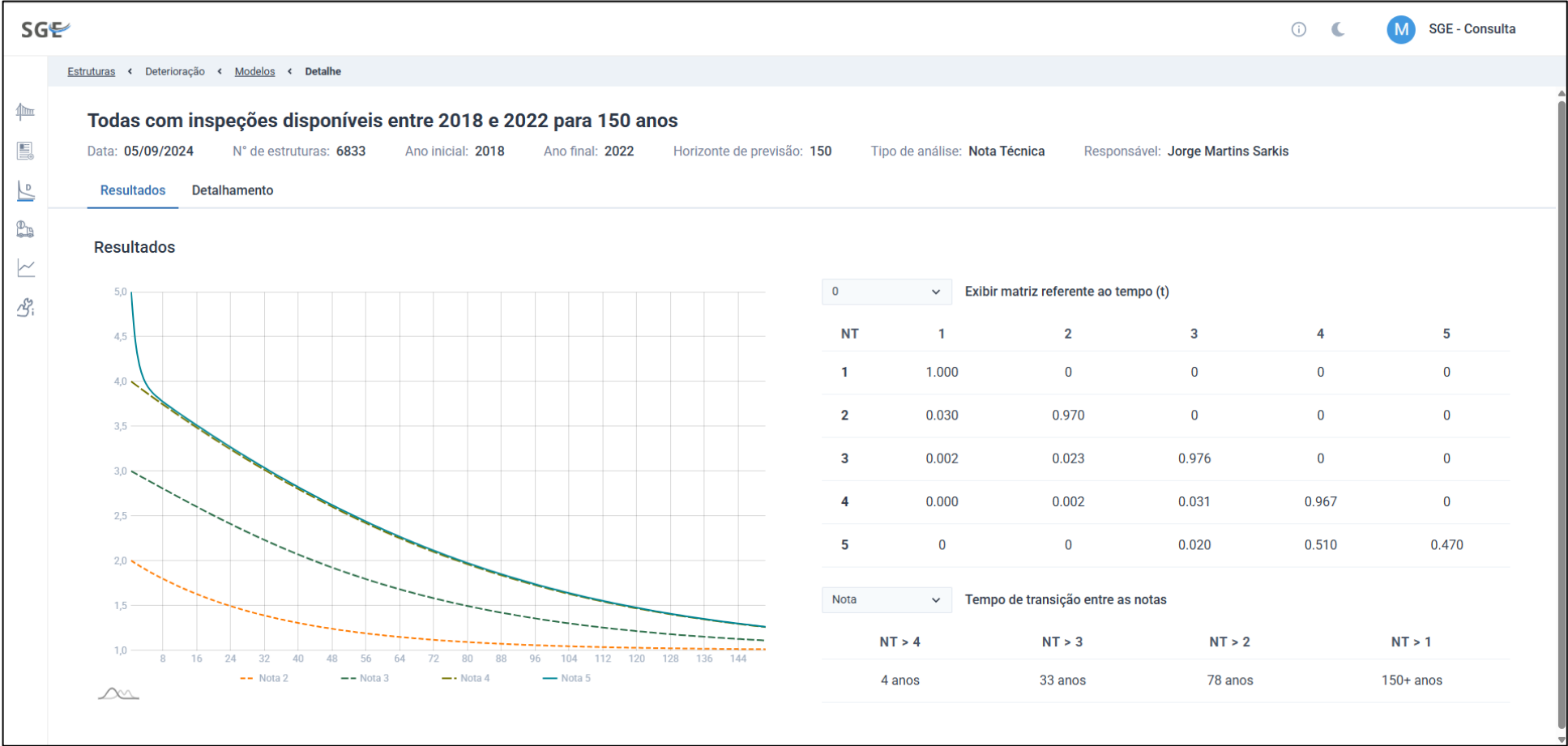
O módulo de deterioração de estruturas possui ligação direta com o módulo de entrada de dados, ou seja, com os dados de inventário e avaliação das OAEs. O objetivo da ferramenta é analisar o estado de condição futura das OAEs, ou de um grupo delas, em função do processo de deterioração inerente às estruturas, cujos gatilhos podem ser naturais ou decorrentes de fatores externos, com vistas a auxiliar o planejamento de futuras ações de manutenção ou reabilitação.

Dada a característica aleatória em relação ao tempo para a análise de deterioração de obras de infraestrutura, como pavimentos, ferrovias e obras de arte especiais, os estudos baseados em teorias estocásticas ou probabilísticas são comumente aplicados no Brasil e no mundo. Dentre as aplicações destacam-se aquelas voltadas à previsão do estado de condição futura dessas estruturas e à identificação de danos em determinados elementos estruturais.

Entre os métodos estocásticos aplicados ao estudo da deterioração de OAEs, os processos de Markov, em especial as cadeias de Markov, se destacam pela característica de serem sequências de variáveis estocásticas em que a incógnita futura (índice de condição, Nota Técnica etc.) é determinada pela variável na sua condição atual (presente). A análise é feita de forma independente em relação ao estado anterior, ou seja, nesse caso o processo de Markov é dito sem memória.

Para as ações de planejamento a longo prazo em OAEs, o modelo de deterioração de estruturas baseado nas cadeias de Markov tem como importantes saídas (*outputs*): a previsão do estado de condição de um grupo de obras ou de indivíduos isolados para uma data futura e a estimativa da quantidade de obras em determinado estado (Nota Técnica, por exemplo), se desconsideradas as intervenções em um determinado período.

A Figura 3.10, a seguir, apresenta o resultado de um modelo de deterioração baseado numa amostra de 6.833 pontes e viadutos, utilizando dados de inspeções ocorridas entre os anos de 2018 e 2022 que estejam disponíveis, para um horizonte de previsão de 150 anos. É possível analisar a curva de deterioração para o grupo de estruturas, a matriz de probabilidade de transições para cada ano dentro do horizonte de previsão e ainda o tempo médio de transição entre Notas Técnicas em função da Nota Técnica de partida.



3.2.6 Carga limite

O módulo de carga limite exerce uma função básica de banco de dados de Autorizações Especiais de Trânsito (AETs) e Estudos de Viabilidade Estrutural (EVEs). No cadastro de AETs e EVEs são especificadas as estruturas pertencentes ao trecho de passagem da carga especial. No caso das AETs, são cadastradas informações da carga especial e da configuração do veículo cuja autorização foi analisada pelo DNIT. Já para os EVEs, são cadastradas informações detalhadas da carga e da distribuição no veículo especial, além dos resultados da análise estrutural.

O módulo tem como finalidade fornecer suporte à tomada de decisão quanto à análise de corredores logísticos e estruturas que estão trabalhando muito próximas do limite de segurança para diferentes configurações de veículos especiais e cargas transportadas. O cruzamento dessas informações pode subsidiar o desenvolvimento de metodologias para priorização das intervenções, além dos critérios já adotados com relação aos índices funcionais, de durabilidade e estruturais.

3.2.7 Planejamento

O módulo de planejamento do SGE é um módulo para suporte à tomada de decisão, tendo em vista as ferramentas analíticas nele presentes. Painel de indicadores estratégicos, definição das necessidades atuais de manutenção com geração de custos para planejamento e criação de planos de investimento são funcionalidades presentes no módulo, fornecendo subsídio às atividades de priorização das intervenções em estruturas. Ao usuário com perfil “Consulta”, só é possível acessar a tela que contém o painel dos indicadores estratégicos das estruturas. Já o usuário com perfil “Relatório” não tem acesso ao módulo de planejamento.

O painel dos índices estratégicos para estruturas, a saber: Índice Funcional (IF), Índice de Durabilidade (ID) e Índice Estrutural (IE), auxilia a gerência de estruturas na tomada de decisão quanto à seleção de estruturas candidatas a intervenções de manutenção, reabilitação e recuperação. Cada índice avalia aspectos específicos das estruturas, ressaltando deficiências funcionais, deterioração avançada e probabilidade de falha devido à falta de redundância estrutural.

A ferramenta “Gerar custos” do SGE fornece subsídio ao gestor com a determinação dos custos de manutenção, para fins de planejamento, de todas as estruturas sob sua responsabilidade. São levados em consideração os danos identificados na inspeção rotineira mais recente, sendo atribuído um custo aproximado para a solução de cada manifestação patológica. Uma árvore de decisão está implementada para operacionalizar a ferramenta. Tanto as soluções quanto a árvore de decisão são configuráveis, além da utilização dos serviços presentes no Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) de

acordo com a versão mais recente possível. Para a composição do custo final de manutenção de uma estrutura, consideram-se os custos dos serviços de conservação, instalação de pingadeiras (se necessário) e plataformas de trabalho. Além disso, definem-se os custos indiretos por meio de uma taxa.

3.2.8 Intervenções

O módulo de intervenções foi concebido para armazenar informações de intervenções realizadas nas estruturas. Por meio de processos SEI, a Coordenação-Geral de Manutenção e Restauração Rodoviária (CGMRR) informa a listagem de estruturas vinculadas a contratos de intervenções, sejam eles de manutenção ou reabilitação. Neste módulo, portanto, são cadastrados lotes de intervenções contendo a vinculação das OAEs com a respectiva intervenção informada e o custo associado.

A partir do cadastro dessas informações, será possível visualizar, no detalhamento da estrutura, todas as intervenções realizadas, com descritivo do serviço realizado, data da conclusão ou se está em andamento, custo efetivo e o tipo da intervenção, conforme mostrado na Figura 3.11.

Para a gerência de estruturas, é de fundamental importância o conhecimento, ou seja, a retroalimentação das atividades executadas nas estruturas, para que o planejamento esteja o mais próximo possível da realidade das estruturas e, conseqüentemente, as próximas programações orçamentárias considerem as intervenções em curso e realizadas, ao passo que a atualização da condição das estruturas também esteja atualizada para aquelas com intervenções concluídas.

SGE SGE - Consulta

Painel Gerencial de Estruturas < Ponte sobre o Rio da Jibóia

Ponte sobre o Rio da Jibóia

[Ver no google maps](#)

Inspeções Cadastrais (2) Inspeções Rotineiras (4) Inspeções Especiais (0) Inspeções Intermediárias (0) Inspeções Extraordinárias (0) **Intervenções Realizadas (2)**

Intervenção Status

LOTE	Nº DO CONTRATO	INTERVENÇÃO	STATUS	INVESTIMENTO	RESPONSÁVEL	Data ▼	ARQUIVOS ANEXOS
M.142	20 00018/2025	Manutenção	Em andamento	R\$ 77.666,56	Matheus Sant Anna Andrade	21/01/2027	—
M.02	20 00632/2019	Manutenção	Concluída	R\$ 40.771,78	Matheus Sant Anna Andrade	07/10/2020	—

Figura 3.11 – Lista de intervenções para uma ponte

Fonte: SGE – DNIT (2026)

3.2.9 Administração

O módulo de administração do sistema é destinado exclusivamente aos usuários que possuem o perfil de Administrador. Estão disponíveis funcionalidades para gerenciamento dos perfis dos usuários, ou seja, para designar perfis de acesso e atribuições de UFs para os usuários do sistema. Além disso, a possibilidade de gerenciar listas do sistema, ou seja, adicionar, editar ou excluir registros de listas do sistema como aspecto especial, deficiência funcional, insuficiência estrutural, tipo de estrutura, sistema construtivo, família de elementos, danos etc.

Por fim, há uma funcionalidade específica para a atualização de dados vinculados ao Sistema Nacional de Viação (SNV), como, por exemplo, código do trecho, administração, unidade local, VMDa e VMDc. Com relação ao código do trecho SNV, o Administrador poderá decidir qual código deve ser atribuído a uma OAE em caso de haver conflito, ou seja, mais de um código SNV possível em função da localização do ponto georreferenciado da OAE.

3.3 FERRAMENTAS ANALÍTICAS

Como dito anteriormente, o SGE avançou em relação ao SGO com diversas funcionalidades para suporte à tomada de decisão na gerência de estruturas. No desenvolvimento dessas novas funcionalidades, várias ferramentas analíticas foram implementadas para consumir os dados de cadastro e avaliação e transformá-los em informação para subsidiar o planejamento das estruturas.

Nos tópicos a seguir serão exploradas, em maior detalhe, as ferramentas analíticas presentes nos módulos técnicos e especialistas do SGE, cujo foco é o suporte à tomada de decisão para a gerência de estruturas.

3.3.1 Análise da deterioração de estruturas

Para a previsão da deterioração de estruturas no SGE foi implementada a metodologia estocástica das cadeias de Markov. Embora o Brasil não possua um banco de dados estruturado com décadas de avaliações periódicas nas estruturas, o modelo probabilístico se adequa bem às incertezas inerentes ao processo de deterioração das obras de infraestrutura, sobretudo por conta da influência variável das condições climáticas, cargas móveis etc.

Quando o processo considera a independência no tempo, ou seja, não existe mudança do seu resultado ao longo do tempo, então é denominado processo estacionário. Os modelos baseados na variável tempo são modelos que preveem a probabilidade do intervalo de tempo que uma OAE demora a realizar uma transição de estado ou decaimento de uma Nota Técnica (Almeida, 2013).

Segundo Oliveira (2019), as Cadeias de Markov são aplicadas à deterioração de pontes rodoviárias considerando o conceito de dano cumulativo e probabilístico, no qual é esperado o decréscimo da nota técnica dos elementos, após vários períodos de transição. Elas são de primeira ordem quando levam em consideração que o estado futuro de um elemento estrutural depende apenas do seu estado atual, sob a hipótese de que os estados no futuro e no passado são independentes, configurando o já citado processo estacionário.

As probabilidades de uma ponte mudar de estado ou alterar a nota técnica são representadas por uma matriz ($n \times n$), sendo " n " os diferentes níveis ou estados (notas técnicas, por exemplo), constituindo a denominada Matriz de Probabilidade de Transições (MPT). Por ser oriunda de um processo estacionário, a MPT é constante para qualquer tempo, sendo a mesma utilizada entre os anos $t = 0$ e $t = 1$ ou para os anos $t = 9$ e $t = 10$. A partir desse conceito, tem-se que a probabilidade da estrutura transitar de um estado para outro será sempre constante. A probabilidade de um elemento transitar do estado " i ", no instante inicial t , para um estado " j ", num dado instante $t + \Delta t$, e a probabilidade de um elemento permanecer no estado " i ", após o mesmo tempo acréscimo $t + \Delta t$, são dadas pelas Equação 3.1 e Equação 3.2:

$$P_{(\Delta t)ij} = P_r(X_{t+\Delta t} = j \mid X_t = i) \quad (3.1)$$

$$P_{(\Delta t)ij} = P_r(X_{t+\Delta t} = i \mid X_t = i) \quad (3.2)$$

Onde cada elemento p_{ij} representa a probabilidade de o estado passar de " i " para " j ", durante um determinado intervalo de tempo Δt . A estrutura da MPT é descrita pela Equação 3.3:

$$P = [p_{ij}] = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & p_{m2} & \dots & p_{mm} \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

A matriz de probabilidade de Markov possui propriedades que devem ser consideradas para a aplicação nos modelos de deterioração de pontes, a saber:

- $0 \leq P_{ij} \leq 1$ com $i = 1, 2, \dots, k$ sendo k o número total de níveis (notas);
- $\sum_i^k p_{ij} = 1$; com $i = 1, 2, \dots, k$; e
- $\Delta t = t_f - t_{in}$.

Dessa forma, a primeira propriedade é que a MPT deve ser uma matriz quadrada com o número de linhas e colunas iguais e equivalentes à possibilidade de notas técnicas no universo amostral. A segunda propriedade é que o somatório de todas as probabilidades para uma mesma linha da MPT deve ser igual a 1. O modelo da matriz é triangular inferior, ou seja, os elementos acima da diagonal principal são iguais a zero, representando a exclusão dos casos de transições positivas entre notas de um período inicial “*i*” e um período final “*j*”.

O procedimento para estimar o estado de condição futuro de um conjunto de OAEs é apresentado a seguir, sendo N_0 a distribuição de probabilidade das Notas Técnicas iniciais das pontes, e o então a distribuição de probabilidade das notas após um período de transição t , denominado $N(t)$, é dado pela Equação 3.4. Cada elemento da matriz MPT fornece a probabilidade de transição após t períodos.

$$PN(t) = N_0 \cdot MPT^t \quad (3.4)$$

Para pequenos bancos de dados, situação comumente encontrada, dado que as pioneiras pesquisas na área tiveram seu início apenas a partir da década de 90, a probabilidade pode ser calculada seguindo a abordagem de frequência (Jiang, 1990). Nesta técnica, o cálculo de probabilidade é retirado diretamente do banco de dados de Notas Técnicas. Sendo p_{ij} a probabilidade de transição do elemento passar do estado “*i*” para o estado “*j*” é estimada pela Equação 3.5:

$$p_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_i} \quad (3.5)$$

Em que n_{ij} é o número de transições do estado “*i*” para o estado “*j*” em um período determinado, e n_i é o total de elementos no estado “*i*” antes da deterioração.

3.3.2 Matriz de solução

A base da gerência de estruturas é o inventário de obras. No sistema, o tratamento dos dados cadastrais e de avaliação (periódica ou extraordinária) é de fundamental importância para o conhecimento do estado de condição do parque de obras. O planejamento das intervenções depende primordialmente dos levantamentos da condição dos ativos. Pode-se afirmar, portanto, que a definição das necessidades atuais é o primeiro passo para planejar e estruturar a gerência de estruturas.

Nesse sentido, o SGE conta com uma matriz de solução criada para indicar soluções que sanem os danos informados nas inspeções rotineiras, com o objetivo de formar o conjunto de necessidades atuais das estruturas, ou seja, o conjunto de ações e serviços com custos associados necessários para sanar todos os defeitos das estruturas sob administração do DNIT.

A matriz de solução compreende um conjunto de condicionantes estabelecidas no formato de árvore de decisão, ou seja, foram mapeadas todas as ramificações entre classes de elementos, materiais constituintes, grupos de danos e soluções aplicáveis às pontes, pontilhões, viadutos, passagens e passarelas. As soluções foram propostas com base no Programa Anual de Trabalho e Orçamento (PATO), além de outros serviços comumente adotados pelo mercado. Os custos associados são baseados nos serviços listados no Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO), de modo que podem ser atualizados a cada publicação do SICRO.

Dessa maneira, o SGE contém uma ferramenta analítica que realiza a definição das necessidades atuais de manutenção nas estruturas, com base nos dados de inspeções mais atualizados, resultando em custos unitários de manutenção. Esses custos subsidiam a elaboração do Plano Nacional de Manutenção Rodoviária (PNMR).

3.3.3 Indicadores

O SGE também evoluiu no quesito avaliação das estruturas. Diferentemente do SGO, onde a Nota Técnica basicamente era o único indicador disponível, o SGE contemplou avaliações específicas das estruturas com base no desenvolvimento de três novos indicadores, sendo eles: funcional, de durabilidade e estrutural.

Os indicadores foram propostos com o objetivo de avaliar as estruturas sob cada um dos aspectos, somente, ou seja, sem a influência de fatores externos à OAE. A inclusão de fatores externos deve ser incluída na etapa de priorização, ou seja, quando há a necessidade de elencar prioridades para atender a um dado orçamento restritivo considerando um grupo de obras com características semelhantes. Além disso, os indicadores auxiliam na indicação técnica da intervenção que deve ser realizada na OAE, não mais ficando atrelada somente à condição da Nota Técnica.

O Índice Funcional (IF) tem como objetivo avaliar o aspecto funcional das OAEs, ou seja, a suficiência da estrutura em atender às demandas da rodovia e/ou da população no entorno. Na composição do referido índice considerou-se, via metodologia *Analytic Hierarchy Process* (AHP), as relações de importância entre os seguintes parâmetros:

- Capacidade de carga, avaliada conforme o trem-tipo de projeto da OAE e o ano de construção (se disponível);
- Percentual de estrangulamento da pista de tráfego sobre a OAE;
- Extensão da OAE;
- Presença de barreira do tipo New Jersey ou outros tipos de barreiras;
- Deficiência funcional de gabarito insuficiente;
- Deficiência funcional de drenagem de pista insuficiente;
- Deficiência funcional de passeio inexistente ou calçada para pedestres inexistente.

Assim, o Índice Funcional (IF) tem como objetivo principal destacar estruturas com características de deficiência funcional que indiquem a necessidade de uma intervenção de reabilitação, ou seja, adequar a estrutura às necessidades atuais, realizar alargamentos para adequação à largura da rodovia, dentre outros. Destaca-se que no cálculo do IF são consideradas apenas informações de cadastro das estruturas. Sua atualização, portanto, ocorre quando o cadastro for atualizado, ou seja, quando ocorrerem alterações significativas na geometria e nos elementos da OAE.

O Índice de Durabilidade (ID) foi desenvolvido com o objetivo de ampliar a análise da condição das estruturas adotando conceitos da metodologia GDE/UnB para avaliação da deterioração de estruturas. Para o cálculo do ID utilizam-se, portanto, os dados da inspeção rotineira mais recente. Todos os danos registrados na inspeção são analisados. O efeito do dano com maior prejuízo à durabilidade de cada elemento é agravado com o somatório dos demais danos no elemento. Assim são calculados os efeitos em nível de família de elementos e, posteriormente, para toda a OAE. O ID, portanto, reflete uma condição geral da OAE considerando todos os danos registrados na inspeção, ressaltando os danos que mais prejudicam a durabilidade da estrutura.

Pela finalidade de observar a necessidade de ações de manutenção, o ID torna-se um indicador específico para auxiliar os gestores na tomada de decisão quanto à manutenção das estruturas. Se analisado em conjunto com a Nota Técnica, o planejamento tem condições de indicar soluções e serviços para estruturas que necessitam de intervenção a curto prazo e que estejam com grande comprometimento da durabilidade.

Por fim, o Índice Estrutural (IE) introduz uma avaliação antes inexistente no SGO, com relação ao risco e à avaliação da redundância estrutural. Foram realizadas adaptações na metodologia GDE/UnB com foco na contribuição positiva dos elementos principais na transposição dos vãos quando se tem redundância transversal, ou seja, quando há 3 ou mais elementos da superestrutura na transposição do vão. Quando há redundância transversal, a boa condição de elementos adjacentes contribui positivamente para a redistribuição dos esforços para os elementos em pior condição estrutural.

O Índice Estrutural, portanto, pode auxiliar na tomada de decisão quanto a ações pontuais de substituição de elementos, recuperação de elementos danificados, em estruturas que possuem pouca ou nenhuma redundância transversal, como é o caso das pontes sobre duas vigas, cuja tipologia é muito comum em pontes e viadutos nas rodovias federais.

O perfil “Consulta” possui acesso à tela com o painel de indicadores estratégicos. O caminho para o acesso é por meio do menu vertical. A Figura 3.12, a seguir, apresenta a tela inicial de resultados para os indicadores estratégicos de estruturas. Na parte superior da tela, é possível selecionar qual indicador o usuário pretende avaliar e selecionar as estruturas com base em filtros. Para as estruturas selecionadas, serão apresentados os parâmetros considerados para o cálculo de cada índice. São classificados em cinco classes, em função do intervalo de cada indicador.

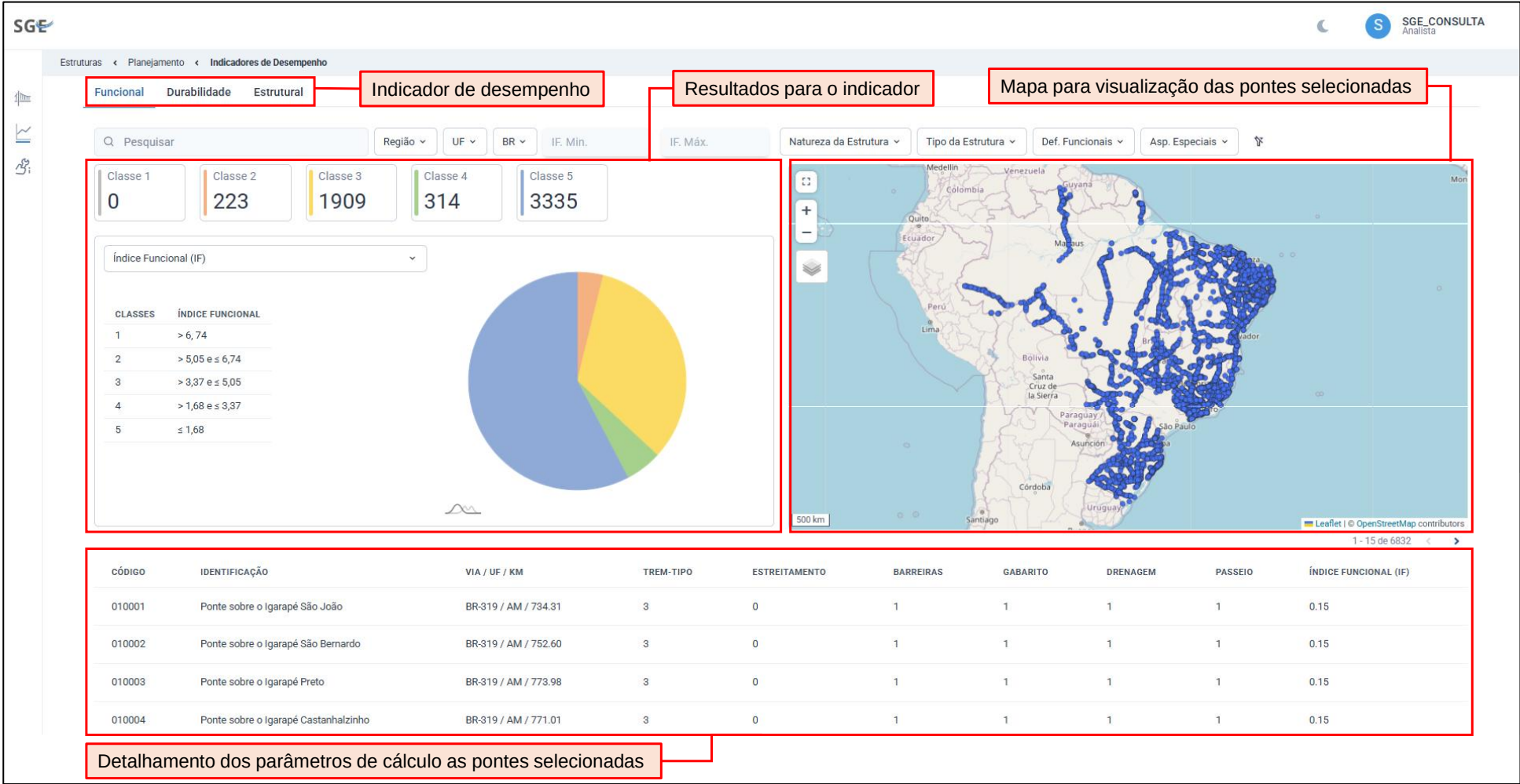


Figura 3.12 – Painel de indicadores estratégicos para o gerenciamento de estruturas

Fonte: SGE – DNIT (2026)

3.4 PERFIS DE ACESSO

Existem no SGE, até a data da realização deste Relatório de Pesquisa, seis perfis de acesso: **Consulta**, **Relatório**, **Analista**, **Inspetor**, **Avaliador** e **Administrador**. A seguir serão apresentadas características de cada um dos perfis de acesso:

O perfil **Consulta** é o nível padrão de acesso ao sistema, destinado ao usuário que deseja visualizar o painel gerencial de estruturas, ou seja, consultar as informações gerais de cadastro e inspeções das estruturas, com visualização de fotos e arquivos anexos. Não é permitida a inclusão ou edição de cadastros e inspeções.

O perfil **Relatório** possui acesso, além do painel gerencial de estruturas, ao módulo para emissão de relatórios. Nessa funcionalidade, o usuário realiza a exportação de relatórios pré-configurados do sistema, com dados tabulares e fotos de inspeções cadastrais e rotineiras das estruturas.

O perfil **Analista** permite que determinados usuários do sistema tenham acesso tanto ao painel gerencial de estruturas quanto ao módulo de relatórios, bem como aos demais módulos de suporte à decisão, por exemplo: módulo de planejamento, deterioração, carga limite e intervenções.

O perfil **Inspetor** é o nível de acesso destinado ao usuário que necessita incluir novos ou editar cadastros existentes, além de inserir inspeções rotineiras, intermediárias, especiais ou extraordinárias no sistema. É destinado exclusivamente a usuários pertencentes a algum contrato de inspeções do DNIT ou quando designado pelo Administrador do sistema para executar alguma atividade extraordinária.

O perfil **Avaliador** é o nível de acesso destinado ao usuário que necessita avaliar cadastros ou inspeções novas e correções de cadastro no sistema. Além disso, o Avaliador também tem acesso ao módulo Gestão de Inspeções, onde são desempenhadas atividades de fiscalização dos contratos de inspeção do DNIT. É destinado exclusivamente para usuários pertencentes a algum contrato de inspeções do DNIT, ou servidores fiscais de contrato, ou quando designado pelo Administrador do sistema para executar alguma atividade extraordinária.

O perfil **Administrador** é o nível de acesso mais restrito do sistema, destinado ao gestor da aplicação. Possui acesso a todas as funcionalidades, inclusive a de designar responsabilidades, ou seja, atribuir perfis de acesso aos demais usuários do sistema. O Administrador também possui acesso para gerenciar listas do sistema, ou seja, adicionar, editar ou excluir opções que aparecem como listas na aplicação, por exemplo: adicionar, editar ou excluir uma deficiência funcional, família de elementos, danos etc.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente relatório faz a apresentação do Sistema de Gerenciamento de Estruturas (SGE) do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), por meio da exposição dos módulos e componentes do sistema e suas funcionalidades. De maneira geral, o SGE é um sistema robusto e bem estruturado para gerenciamento de estruturas em nível de rede, composto por diversas funcionalidades técnicas de apoio à tomada de decisão.

O Painel Gerencial de Estruturas é a ferramenta de visualização espacial das estruturas cadastradas e aprovadas no sistema, além daquelas sob administração do DNIT, permitindo a filtragem e exportação de dados básicos de estruturas. Para o perfil de acesso “Consulta”, essa página é o local de navegação inicial, permitindo ainda o acesso às telas de detalhamento, ou seja, exibição das inspeções cadastrais, rotineiras, intermediárias, extraordinárias ou especiais realizadas na estrutura.

O módulo de entrada de dados é a parte do sistema onde um usuário, com perfil de acesso “Inspetor”, realiza a inserção de novos dados de inspeção. Seguindo o fluxo de cadastro de novas inspeções, os dados inseridos são avaliados e, se necessário, atualizados pelo inspetor e submetidos a nova avaliação. A Gestão de inspeções permite o acompanhamento pelo DNIT do andamento das campanhas de inspeção, bem como funciona como um repositório de campanhas anteriores.

A ferramenta para emissão de relatórios permite ao usuário exportar informações detalhadas sobre as inspeções realizadas, incluindo os relatórios de cadastro e de inspeções rotineiras, registros fotográficos e croquis.

O módulo de deterioração de estruturas é uma ferramenta de análise técnica voltada para a previsão da degradação das estruturas, baseada nas cadeias de Markov, ou seja, um modelo probabilístico que se adapta bem aos dados dependentes do tempo, como a condição das estruturas, sendo capaz de estimar a condição futura das estruturas e auxiliar as definições de planejamento.

O módulo de carga limite e o módulo de intervenções funcionam como repositórios de informações relativas a dados relevantes sobre as estruturas, como o fator de segurança para travessia de cargas especiais indivisíveis sobre as estruturas e o registro de intervenções realizadas.

O módulo de planejamento é a ferramenta capaz de avaliar os indicadores estratégicos para priorização de intervenções, definição de serviços de reparo e estimativa de custos envolvidos. Assim, essa ferramenta é essencial para a criação de cenários de investimento e elaboração do Plano Nacional de Manutenção Rodoviária (PNMR).

O módulo de administração é o ambiente gerencial do sistema que controla as atribuições dos perfis de acesso e possibilita o gerenciamento das listas de informações do sistema, como a lista de danos, elementos, deficiências funcionais etc. Somente tem acesso a esse módulo o gestor da aplicação, ou seja, um usuário com perfil de acesso “Administrador”.

Dessa forma, o SGE é uma ferramenta fundamental para as atividades de planejamento em nível de rede e fornecimento de subsídios para elaboração do PNMR, permitindo a definição das necessidades atuais de manutenção e classificação de estruturas para seleção de candidatos a intervenções de reabilitação e recuperação. Uma vez que o planejamento é desenvolvido com base nos registros de inspeção, é de fundamental importância a padronização e periodicidade desses dados, bem como a obtenção dos registros de intervenções realizadas.

Assim, destaca-se a importância do SGE como um ambiente unificado não somente para arquivar informações, mas para realizar o tratamento de dados de inventário e avaliação com vistas à tomada de decisão em nível de rede visando o prolongamento da vida útil das estruturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDELKADER, E. M.; AL-SAKKAF, A.; EBRAHIM, K.; ELKABALAWY, M. *Maintenance budget allocation models of existing bridge structures: systematic literature and scientometric reviews of the last three decades*. *Infrastructures*. V. 10, n. 252. <https://doi.org/10.3390/infrastructures10090252>, 2025.
- AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS AASHTO. *Manual for Bridge Element Inspection*, 2. ed., 98p. 2019.
- ALMEIDA, J. M. M. R. M. O. Sistema de gestão de pontes com base em custos de ciclo de vida. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia (FEUP). Porto, Portugal. 2013.
- BJÖRNSSON, I.; IVANOV, O. L.; HONFI, D.; LEANDER, J. *Decision support framework for bridge condition assessments*. *Structural Safety*, v. 81, n. 101874, p. 101874, <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2019.101874>, 2019.
- BRIGHENTI, F.; CASPANI V. F.; COSTA, G.; GIORDANO, P. F.; LIMONGELLI, M. P.; ZONTA, D. *Bridge management systems: A review on current practice in a digitizing world*. *Engineering Structures*, v. 321, n. 118971, p. 118971, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2024.118971>, 2024.
- Federal Highway Administration, FHWA, *Bridge Preservation Guide: Maintaining a Resilient Infrastructure to Preserve Mobility*. Washington, DC: 2018.
- FRANGOPOLO, D. M. Life-cycle performance, management, and optimisation of structural systems under uncertainty: accomplishments and challenges. *Structure and Infrastructure Engineering*, v. 7, n. 6, p. 389 – 413. <https://doi.org/10.1080/15732471003594427>, 2011.
- JIANG, Y. *The development of performance prediction and optimization models for bridge management systems. Thesis (Doctoral)*. Purdue University, Indiana, USA. 1990.
- LTBP *InfoBridge*. Disponível em: <<https://infobridge.fhwa.dot.gov/>>. Acesso em: 1 dez. 2025.
- MIRZAEI, Z.; ADEY, B. T.; KLATTER, L.; THOMPSON, P. D. *The IABMAS Bridge management committee overview of existing bridge management systems*. IABMAS, 2014.
- OLIVEIRA, C. B. L. Determinação e análise de taxas de deterioração de pontes rodoviárias do Brasil. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. 153p. 2019.

SANTANA, P. F. M.; FIGUEIREDO, B. H.; PEREIRA, R. S.; SARKIS, J. M.; ANHAIA, C. A. A. L. Modelo de deterioração de estruturas baseado em Cadeias de Markov aplicado ao banco de dados do DNIT. Revista ENINFRA, v. 2, n. 2, p. 90–101, <https://doi.org/10.70859/2764-9539.v2.n2.45>, 2023.

SILVA, M.; ALMEIDA DE MELO, R. Condições de Pontes Rodoviárias: Cenário, Diagnóstico e Manutenção, XII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, Rio de Janeiro, 2021.

SOUZA, C. A. F. ; CARVALHO, J. M. F. ; MARTINS, A. C. P. ; BELLON F. G. ; ALVARENGA, M. C. S. ; COELHO, A. C. ; ANDRADE, M. S. ; OLIVEIRA, D. S. ; RIBEIRO, J. C. L. ; e JUNIOR, K. M. L. C Modelos determinísticos de previsão de degradação de pontes por regressão polinomial de 3ª ordem. XIV Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, Rio de Janeiro, 2023, pp. 1-10. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/374163169_Modelos_deterministicos_de_previsao_de_degradacao_de_pontes_por_regressao_polinomial_de_3_ordem>. Acesso em: 1 dez. 2025.

SOUZA, C. A. F. ; CARVALHO, J. M. F. ; MARTINS, A. C. P. ; BELLON F. G. ; ALVARENGA, M. C. S.; ANDRADE, M. S. ; OLIVEIRA, D. S. ; RIBEIRO, J. C. L. ; e JUNIOR, K. M. L. C. *Probabilistic bridge deterioration prediction models based on Markov matrices using real and simulated data from deterministic models*. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 17, n. 1, <https://doi.org/10.1590/s1983-41952024000100015>, 2024.

SOUZA, C. A. F. AI-based deterioration index model for bridge management systems with limited database. Tese (Doutorado em Engenharia da Construção). Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Viçosa. 229p. 2025a.

SOUZA, C. A. F. ; CARVALHO, J. M. F.; RIBEIRO, M.; MARTINS, A. C. P; BELLON F. G.; ANDRADE, M. S.; OLIVEIRA, D. S.; RIBEIRO, J. C. L.; JUNIOR, K. M. L. C.; e Matos, J. *Bridge deterioration prediction models using artificial intelligence in a missing data scenario*. Structures, v. 77, n. 109112, p. 109112, <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2025.109112>, 2025b.

VERLY, R. C. Avaliação de metodologias de inspeção como instrumento de priorização de intervenções em obras de arte especiais. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília. 178p. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 9452:2023 – Inspeção de pontes, viadutos e passarelas – Procedimento. 2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 010/2024 – PRO: Inspeções em pontes e viadutos – Procedimentos. 2024.