CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DA DURABILIDADE DE OBRAS DE ARTE DO ESTADO DO CEARÁ

CONTRIBUTION TO DURABILITY STUDY OF LARGE STRUCTURES AT CEARÁ STATE

D. GOMES
Graduando em Engenharia Civil
UFC / NUTEC
Fortaleza/Ceará; Brasil
davialand96@gmail.com

F. RODRIGUES
Engenheiro civil
Sesc
Fortaleza/Ceará; Brasil
fmrodrigues@ses-ce.com.br

K. AMARAL
Graduando Engenharia Civil
Nutec / Unifor
Fortaleza/Ceará; Brasil
kaique_alih@hotmail.com

J. FERNANDES
Graduando Engenharia Civil
CENTRE – Faculdade Ari de Sá (FAS)
Fortaleza/Ceará; Brasil
jpffaculdade@gmail.com

R. MOURA
Engenheiro Civil
Nutec
Fortaleza/Ceará; Brasil
roney.moura@nutec.ce.gov.br

E. MESQUITA
Professor, PhD
CENTRE – FAS / NUTEC
Fortaleza/Ceará; Brasil
mesquita.e@outlook.com

RESUMO

Inspeções técnicas executadas em obras de infraestrutura, como pontes e túneis, têm, dentre outros objetivos, identificar a necessidade de manutenção estrutural e diagnosticar as principais causas dos danos, como ferramenta de suporte à uma futura reabilitação das áreas danificadas. Neste sentido, este trabalho propõe-se a quantificar e interpretar o levantamento de dados adquiridos na década de noventa, no estado do Ceará, em inspeções técnicas realizadas em várias obras de arte localizadas em todo o território do estado do Ceará. Estes relatórios foram elaborados pela equipe de engenheiros do Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC), com a finalidade de se caracterizar o estado de conservação e risco destas estruturas. Os resultados encontrados permitiram identificar os principais tipos de danos ocorrentes nas estruturas analisadas, bem como oferecem informações importantes à implementação de ferramentas de suporte à análise da segurança estrutural.
Palavras-chave: Pontes. Estrutura. Danos. Inspeções técnicas. Durabilidade.

ABSTRACT

Between others aims, technical inspections performed on large structures, as bridges and tunnels, have as main point to identify the real necessity of structural maintenance and to characterize the main damages occurrences, as way of to support furthers maintenance measures of the affected elements. This way, the present paper aims to quantify and to understand the data collected by technical inspections performed at Ceará State territory, in 90s. These technical reports were elaborated by technical team of the Nucleo of Industrial Technology of Ceará (NUTEC), as main goal to characterize the maintenance state and structural risk of the assed structures. The results found allowed to identify the main type of damages on large structures of Ceará State, as well they offer reliable information for implementation of tools of support to analysis of structural safety.
Keywords: Bridges. Structures. Damages. Technical Inspection. Durability.

1. INTRODUÇÃO

As pontes rodoviárias espalhadas pelo Ceará, também denominadas obras de arte especiais, possuem um valor inestimável, quando leva-se em consideração a contribuição delas para o crescimento socieconômico do Estado. Porém, mesmo sendo estruturas de grande porte e que levaram bastante empenho profissional para ficaram prontas, sabe-se que elas têm uma vida útil de projeto, que deve ser respeitada e monitorada para o bom e duradouro funcionamento da estrutura, dessa forma, evitando que situações danosas venham prejudicar a utilização dessa construção. Sabe-se que no Brasil ainda são poucos os estudos sobre avaliação das condições de estabilidade estrutural envolvendo obras de grande porte, principalmente as mais antigas.

Portanto, quando inspeções são realizadas nesse âmbito, mesmo levando em consideração normas e diretrizes do DNIT, as conclusões tendem a ser direcionadas para o conhecimento técnico científico dos engenheiros especializados na construção de pontes e viadutos, bem como também para a experiência dos mesmos nesse campo de atuação. Tendo isso em vista, este artigo procura utilizar desses métodos para uma contribuição aos estudos de análise das patologias presentes em várias obras de arte no território cearense, pois a partir de várias inspeções técnicas realizadas nessas obras, foi possível coletar dados que encaminhavam os laudos das atividades executadas em campo para conclusões que seguiam uma linha de convergência,portanto, é possível modelar esse apanhado de informações para um levantamento numérico, objetivo e de fácil compreensão, com o intuito de adotar padrões de análises que possam a ser utilizados futuramente em outras inspeções, partindo do mesmo ponto inicial, a classificação dos danos encontrados.

FIGURA 1 – Algumas patologias encontradas nas Pontes inspecionadas.



Fonte:autor.

2. MÉTODOS

O estudo foi realizado com base nos laudos técnicos elaborados pelos engenheiros do Núcleo de Tecnologia do Estado do Ceará (NUTEC), na década de 90, que tinham por objetivo inspecionar pontes e bueiros dispostos por todo o território cearense, porém, esse artigo restringe-se à análise das fichas de inspeção das 27 pontes inspecionadas em aproximadamente 11 municípios do estado, dentre eles pode-se destacar os de Quixeramobim, Mombaça, Senador Pompeu e Iguatu, que sediam grande parte das obras de artes especiais inspecionadas.

As fichas de inspeção são organizadas da seguinte forma, a primeira parte é composta por informações gerais de cada obra visitada, como código da obra, para controle interno, município em que ela se encontra, curso d'água que passa por aquela ponte e ainda a data em que está sendo realizada a inspeção. Já a segunda parte de informações contém as características da superestrutura (consepção estrutural, número de vãos, forma seção transversal, existência de transversianas, tipo de armação, condições de execução, tipo de estrutura, estado da obra, defeitos construtivos), dos sistemas de apoio (sistema de apoio, características do funcionamento,falhas obsesrvadas), dos pilares (presença de pilares isolados, de pilares contraventados,de pilares parede, falhas observadas) das fundações (material, tipo, falhas observadas) dos extremos(material, tipo, falhas observadas) e dos sistemas de drenagem (tipo, estado, falhas observadas).

A terceira parte, e mais importante para esse estudo, é a que classifica e potencializa os tipos de danos encontrados em cada obra, denominadas como diagnóstico de inspeção, elas estão subdividas em duas vertentes, os sintomas visuais, ou seja, os danos observados e analisados pela equipe técnica, onde é levado em consideração a presença e a intensidade de manchas, fissuras, corrosão, lascamentos, ninhos de concretagem, flechas e desagregação química que podem vir a surgir ao longo de toda a estrutura da ponte. E na outra subdivisão estão as características do ambiente em que cada obra se apresenta, o tipo de atmosfera, a intensidade em que ela atua na obra e o estado em que a mesma aparenta estar, em boas ou más condições de uso. E a partir dessas considerações também foi estipulado previamente um período para intervenção naquela ponte, seja por meio de reforço estrutural ou alguma medida no mesmo âmbito.

2.1 Modelagem matemática dos dados coletados no diagnóstico de inspeção.

Com o objetivo de gerar resultados significativos de fácil interpretação para a caracterização do estado de conservação e risco das estruturas analisadas, foram utilizados os dados coletados no diagnóstico de inspeção para mensurar o nível de danos que cada ponte apresenta. Isso foi feito por meio da elaboração de uma modelagem matemática que possibilitou quantificar as características danosas observadas nas estruturas a partir do tipo de dano e da intensidade em que ele estar, e atribuí-las a cada uma um nível de importância com relação ao estado final de conservação da obra. Logo, o objetivo dessa modelagem era identificar quais patologias presentes na estruturas teriam uma maior infuência no que diz respeito à integridade das obras de arte inspecionadas, e daí mostrar por meios numéricos o quão danificada estar aquela estrutura. Para isso, foram utilizados os tópicos presentes no diagnóstico de inspeção, pois nele contém os danos encontrados nas vistorias e suas respectivas intesidades.

Os nivéis de importância dos danos foram estipulados a partir dos conhecimentos sobre patologia das construções dos engenheiros envolvidos na elaboração do artigo e a partir da experiência de um dos integrantes da equipe técnica do Nutec que esteve presente em todas as inspeções e é um dos co-autores da pesquisa. A figura abaixo mostra como foi distribuído o nível de importância para cada item do diagnóstico de inspeção.

FIGURA 2 – Lista de danos e seus respectivos níveis

Danos	Nível de Importância
Manchas	1
Fissuras	3
Lascamentos	3
Flechas	3
Desag. Química	2
Atmosfera	1
Intensidade	1
Obra	1
Corrosão	3
Ninhos de Concretagem	2

Fonte: autor.

2.2 Especificações dos danos.

2.2.1 Manchas.

Manifestações patológicas que podem surgir mediante a inúmeros tipos de danos, seja na superfície do concreto ou nas armaduras.

TABELA 1 – Coeficientes para Manchas

MANCHAS	COEFICIENTE
Sem dados	-
Sem manchas	0
1 tipo	1
2 tipos	2
3 tipos	3

Fonte: autor.

2.2.2 Fissuras.

Separação completa ou incompleta do concreto ou argamassa, em duas ou mais partes, causadas pela quebra ou fratura do material.

TABELA 2 – Coeficientes para Fissuras

FISSURAS	COEFICIENTE
Sem dados	-
Sem fissuras	0
Algumas tranversais	1
Algumas longitudinais	2
Várias longitudinais	3
Várias tranversais	4
Generalizada	5

Fonte: autor.

2.2.3 Lascamentos.

Patologias surgidas por ações extraordinárias, como intervenção humana ou por meio de algum maquinário.

TABELA 3 – Coeficientes para Lascamentos

LASCAMENTOS	COEFICIENTE
Sem dados	-
Sem	0
Ações externas	1
Ações internas	2

Fonte: autor.

2.2.4 Flechas.

Deslocamento vertical de seção da estrutura construída.

TABELA 4 – Coeficientes para Flechas

FLECHAS	COEFICIENTE
Sem dados	-
Sem	0
Possíveis	1
Visíveis	2

Fonte: autor.

2.2.5. Desagregação Química.

Patologia oriunda da desagregação de materiais pela ação de agentes químicos presentes no meio ambiente.

TABELA 5 – Coeficientes para Desagregação Química

DESAGREGAÇÃO QUÍMICA	COEFICIENTE
Sem dados	-
Sem desagregação	0
Ação de sulfatos	1

Fonte: autor.

2.2.6. Atmosfera.

Ação direta do tipo de ambiente em que a ponte se encontra, ações naturais que podem trazer algum dano à estrutura

TABELA 6 – Coeficientes para Atmosfera

ATMOSFERA	COEFICIENTE
Sem dados	-
Rural	1
Industrial	2
Marinha	3

Fonte: autor.

2.2.7. Intensidade.

Intensidade com que as intempéries atuam no ambiente em que a obra de arte se encontra.

TABELA 7 – Coeficientes para Intensidade

INTENSIDADE	COEFICIENTE
Sem dados	-
Suave	1
Moderada	2
Agressiva	3

Fonte: autor.

2.2.8. Obra.

Características visuais da obra com relação a sua conservação.

TABELA 8 – Coeficientes para Obra

OBRA	COEFICIENTE
Sem dados	-
Nova	0
Velha	1

Fonte: autor.

2.2.9. Corrosão.

Deterioração da estrutura da ponte por ação química ou eletroquímica do meio ambiente.

TABELA 9 – Coeficientes para Corrosão

CORROSÃO	COEFICIENTE
Sem dados	-
Sem corrosão	1
Presente na seção secundária	2
Presente na seção principal	3

Fonte: autor.

2.2.10 Ninhos de Concretagem.

Local em que haja um vazio na estrutura pela falta de concreto ou pela presença de um concreto bastante poroso.

TABELA 10 – Ninhos de Concretagem

NINHOS DE CONCRETAGEM	COEFICIENTE
Sem dados	-
Sem	0
Com armadura exposta	1

Fonte: autor.

2.3 Cálculo do Nível de danos de cada Obra de Arte Especial.

Depois de conhecidos todas os coeficientes correspondentes de cada dano presente nas Obras de Arte, o cálculo do Nível Quantitativo de danos foi efetuado pela média ponderada dos coeficientes com o nível de importância daquela patologia, da seguinte forma

$$NDquant = \sum(NI.Cd)/\sum NI \quad (1)$$

Onde:
NDquant = Nível quantitativo de danos que aquela estrutura apresenta;
NI = Nível de importância do correspondente dano, admensional;

Cd = Coeficiente do dano analisado, admensional.

Depois de encontrado os valores dos Níveis de Danos Quantitativos de cada obra de arte, pode-se ainda ser feito uma classificação desses danos a partir da classificação qualitativa dos mesmos, que segue os padrões da tabela a seguir:

TABELA 11 – Nível Qualitativo de Danos

INTERVALOS DE VALORES PARA O NDquant	NÍVEL QUALITATIVO DE DANOS (CLASSIFICAÇÃO)
NDquant ≤ 0,7	Baixo
0,7 < NDquant ≤ 1,1	Regular
NDquant > 1,1	Alto

Fonte: autor.

Obs: Os intervalos foram definidos levando em consideração o valor médio final de todos os NDquant´s, acrescendo 0,2 para mais e para menos, a fim de achar um valor fiel para a classe dos regulares.

.

3. RESULTADOS

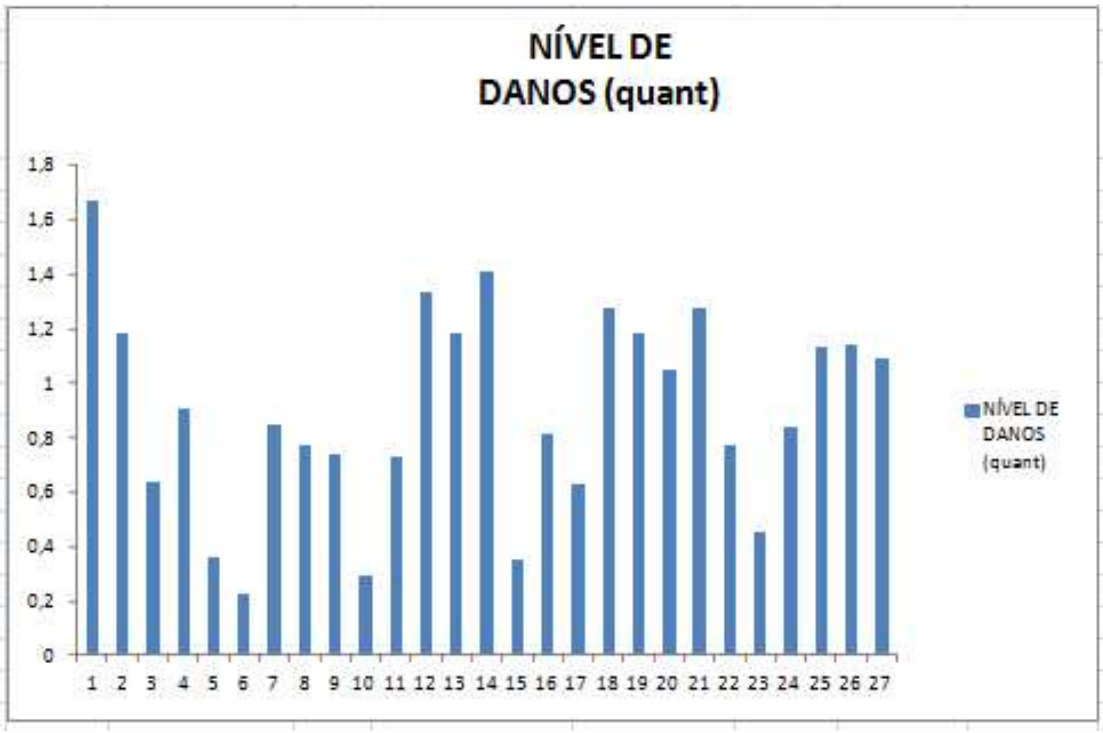
Depois de efetuado os cálculos para encontrar os valores dos Níveis quantitativos e qualitativos de danos da pontes estudadas, foram obtidos os seguintes gráficos e tabelas:

TABELA 12 – NDquant e NDqualit

Número da Obra	NDquant	NDqualit
1	1,667	Alto
2	1,182	Alto
3	0,636	Baixo
4	0,909	Regular
5	0,364	Baixo
6	0,227	Baixo
7	0,850	Regular
8	0,773	Regular
9	0,737	Regular
10	0,294	Baixo
11	0,727	Regular
12	1,333	Alto
13	1,182	alto
14	1,409	Alto
15	0,353	Baixo
16	0,818	Regular
17	0,632	Baixo
18	1,273	Alto
19	1,182	Alto
20	1,045	Regular
21	1,273	Alto
22	0,773	Regular
23	0,455	Baixo
24	0,842	Regular
25	1,136	Alto
26	1,138	Alto
27	1,091	Regular

Fonte: autor.

FIGURA 3 – Gráfico de colunas com valores de Dnquant.



Fonte:autor.

FIGURA 4 – Percentagem do NDqualit.



Fonte:autor

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos, pode-se observar que apenas 26% das Obras de arte inspecionadas encontram-se com um baixo nível de danos, ou seja, em condições aceitáveis do ponto de vista estrutural e do que diz respeito à patologias da construção civil, isso faz com que a confiabilidade para a utilização das mesmas seja maior, gerando sensação de maior conforto para quem necessite usá-las. Vale ressaltar que a ponte com melhor resultado no estudo, ou seja, com menor nível de danos é a de número 6, a ponte situada sobre o Riacho Cangati, no município de Cariús- CE.

Por outro lado, 37% das pontes apresentam valor qualitativo de danos na classificação média, o que coloca em alerta a respeito da necessidade de reparo ou reforço estrutural nelas, para que não cheguem a situações críticas como os 37% restantes de Obras de arte que apresentam um alto valor de nível de danos, fazendo com que seja necessário uma intervenção imediata em suas instalações, evitando danos maiores, como até um possível colapso total. Portanto, outra conclusão que pode-se ter é que esses tipos de obra de arte podem até dar a ligeira impressão de que são construções de vida útil extremamente loga, ou até infinita, devido a robustez e grandiosidade das obras. Porém, quando leva-se em consideração os resultados obtidos com esta pesquisa, percebe-se que são obra que necessitam de constante monitorização para avaliar seus danos que possam vir a surgir no decorrer do tempo, ou por má execução no processo de construção, ou mal planejamemnto, ou até mesmo devido às intempéries que essas obras estão submetidas, pois deve-se haver um controle para que pontese obras de grande porte não cheguem a situações danosas irreverssíveis.

5. REFERÊNCIAS

ABNT, 2003. **NBR 7187** – Projeto e execução de pontes de concreto armado e protendido, Rio de Janeiro, Brasil.

ABNT, 1986. **NBR 9452** – Vistorias de Pontes e Viadutos de Concreto, Rio de Janeiro, Brasil.

DNIT, 2004**, Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias, Rio de Janeiro, Brasil**.

DNIT, 2004, **Norma 010/2004-PRO** – Inspeções em Pontes e Viadutos de Concreto Armado e Protendido – Procedimento, Rio de Janeiro, Brasil.

VITÓRIO, J. A. P., BARROS, R.M.M.C., 2011**, Recuperação, Alargamento e Reforço Estrutural de Pontes Rodoviárias no Brasil** – Anais do 6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia, Moçambique.

VITÓRIO, J. A. P., SILVA, M.A., 2010**, Primeira Avaliação das Condições Estruturais das Pontes e Viadutos do Trecho Duplicado da Rodovia Br-232/PE, Sete Anos Após a Inauguração** - Anais do III Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, Rio de Janeiro,Brasil.

VITÓRIO, J. A. P., 2006, **Vistorias, Conservação e Gestão de Pontes e Viadutos de Concreto**, Anais do 48º Congresso Brasileiro do Concreto, Rio de Janeiro, Brasil.

VITÓRIO, J. A. P., 2002, **Pontes Rodoviárias – Fundamentos, Conservação e Gestão**, Livro editado pelo Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia, Recife,Pernambuco, Brasil.