

## INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE E CAPACIDADE ESTRUTURAL DE PONTE METÁLICA. – PONTE SECA – 1920.

Fabio Gomes da Costa<sup>1</sup>, João Paulo F. M. de Souza<sup>2</sup>

### Resumo

As pontes em estrutura metálica, além de serem belas e exuberantes, são um marco no desenvolvimento nacional do final do século XIX e início do século XX. As já existentes de madeira foram substituídas e pontos inacessíveis por obstáculos naturais foram interligados graças a esta inovação da engenharia. O meio de locomoção mais moderno era a locomotiva, a qual solicitava às pontes ferroviárias alta resistência mecânica e robustez. Os tempos passaram, os meios principais de locomoção inovaram ou se derivaram, as solicitações de cargas mudaram, porém as pontes se deterioraram devido á falhas generalizadas de manutenção e tempo de vida útil ultrapassado. O presente trabalho apresenta a minuta de projeto de restauração da ponte histórica que liga a Ilha do Príncipe e a Vila Rubim em Vitória do Espírito Santo. Este trabalho além de propor os métodos executivos de restauração propõe adequação da ponte às solicitações de cargas maiores sem alterar suas características históricas. Este trabalho evidencia que técnicas modernas de restauração alinhadas com a robustez das construções de época permitem proporcionar às construções históricas resistências mecânicas compatíveis com a atualidade além da extensão do seu tempo de vida útil. Trabalho consiste em apresentar um estudo de caso, para elaborar um projeto de readequação da Ponte Rodoviária mista (aço concreto) constituída por vigas de aço e tabuleiro de concreto. Avalia-se o seu atual estado de conservação por meio de ensaios não destrutivos e investigações, realizando o seu de pré-dimensionamento, visando o aumento do veículo tipo e na distribuição de ações entre as vigas, treliças e tabuleiro.

Palavras-chave: Pontes Metálicas, Pontes Rodoviária-Ferrovíarias, Pontes Históricas, Recuperação de estruturas metálicas, Inspeção, Ensaios destrutivos e não destrutivos.

1. Engenheiro Civil – L.A. Falcão Bauer.
2. Engenheiro de Materiais – L.A. Falcão Bauer.



## 1. Introdução

As pontes históricas são um legado herdado da transição do século XIX e XX no Brasil quando se iniciava o desenvolvimento sócio econômico nas principais capitais. As estruturas metálicas, geralmente em aço, estavam ganhando espaço em grandes construções na Europa e esta tendência teve repercussão nos países da América do Sul.

A ponte Florentino Ávidos surgiu desta tendência, a ligação da Ilha de Vitória com o continente tornou-se a alavanca para o desenvolvimento da capital do Espírito Santo, quando em 1927 foi inaugurada a Ponte Florentina Ávidos, constituída por dois vãos de transposição na baía de Vitória.

O vão menor conecta a Ilha de Vitória com a Ilha do Príncipe, hoje conhecida como “Ponte Seca”, em seguida um vão bem maior constituído de 5 módulos, conhecida hoje como Cinco Pontes. [10] [12] [13] [14]

Nos dias atuais, a estrutura metálica da Ponte Florentino Ávidos – “Ponte Seca”, tendo em vista o não emprego de manutenções adequadas, encontra-se em más condições. Por conta disso a prefeitura de vitória solicitou serviços de avaliação do atual estado de conservação da ponte junto com elaboração de projeto de restauração e reurbanização desta obra de arte histórica. Na figura 01 mostra-se as Ponte Seca nos dias atuais.

## 2. Ponte Florentino Ávidos – Ponte Seca

### 2.1 Histórico

A Ponte Seca é uma ponte ferroviária-rodoviária metálica, em treliças sistema tipo “PRATT Isostática”, com ligações rebitadas e apoios metálicos sobre pilares de pedra. Na figura 02 apresenta-se imagem da Ponte em sua fase de construção no ano de 1920, na etapa de instalação dos trilhos ferroviários. Detalhe no espaçamento para circulação de veículos na sua lateral, características das pontes ferroviárias fabricadas no início do século XX na Europa e Estados Unidos da América.[8] [10] [12] [13] [14]

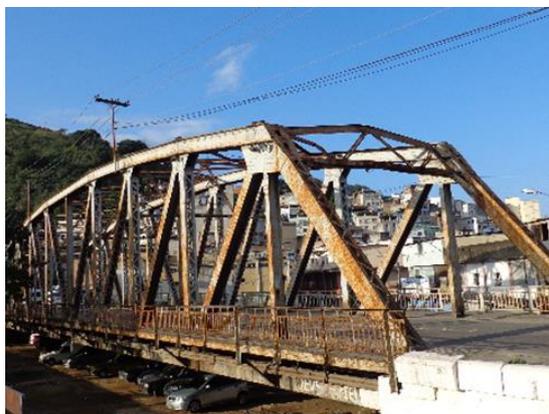


Figura 01 – Ponte Seca nos dias atuais



Figura 02 – Ponte Seca na época de sua construção

A empresa fabricante e construtora da Ponte foi a MAN (Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg) na fábrica “WERK GUSTAYSBURG” que produzia pontes no início do século XX. A M.A.N é uma companhia alemã de Engenharia Mecânica, baseada em Munique, no estado da Bavaria.

Além de mineração e produção de ferro, em outras localidades o foco dos negócios em Augsburg e Nuremberg foi a Engenharia Mecânica. Locomoção, propulsão e construções de aço foram os grandes tópicos da empresa nesta fase. [9]

Em Gustvsburg, cidade na região central da Alemanha arredores de Frankfurt ficava o departamento de pontes junto com a fábrica, onde foram produzidas as peças da Ponte Florentino Ávidos e transportada em porões de navios para ser montada em Vitória-ES. [10] [12] [13] [14]

A ponte foi inaugurada em meados de 1927 e tem uma extensão de 65 metros de comprimento. A estrutura de aço pesa cerca de 346 toneladas. Atualmente, a ponte se encontra em operação com tráfego de automóveis sob baixa velocidade pela estrutura principal da ponte. [10] [12] [13] [14]

## ***2.2 Aço Utilizado na Construção da Ponte Seca***

Naquela época, o Brasil não produzia aços estruturais e tais materiais, de alta tecnologia, ainda estavam ganhando mercado em substituição do ferro fundido nas construções de estruturas metálicas em pontes ferroviárias em todo mundo. [15]

O aço se diferencia do ferro fundido em relação à porcentagem de carbono. Para ser classificado como aço, o material metálico deve possuir entre 0,008 e 2,11% de carbono e para ser classificado como ferro fundido o mesmo deve possuir entre 2,11 e 6,37% de carbono. [15]

Esta diferença possibilita a aço ser um material mais indicado para esforços estruturais em relação ao ferro fundido. As pontes metálicas no século XIX era todas em ferro fundido, porém muitos acidentes aconteceram devido a fraturas de fadiga e novos tipos de ferro fundido e aços foram desenvolvidos. [8]

No final do mesmo século o desenvolvimento do processo de produção SIEMENS MARTIN possibilitou um melhor controle de qualidade na adição de elementos de liga. [8] [9]

Estes elementos se tratam de elementos químicos que ao ser adicionado no processo de fundição do aço ou do ferro fundido, promovem características importantes nas propriedades finais do material. O cromo (Cr), manganês (Mn), silício (Si), fósforo (P), boro (B), cobre (Cu), molibdênio (Mo), magnésio (Mg) e entre outros são responsáveis por propriedades como resistência mecânica, resistência à corrosão, processabilidade e soldabilidade. [5]

O aço encontrado nesta ponte se trata de aço de alta tecnologia para esta época, cabendo neste trabalho indicar o material mais adequado para sua restauração.

### 2.3 *Manutenção ao longo dos anos*

O desempenho ao longo do prazo de utilização de uma estrutura ou edificação diminui ao passar do tempo. A cada manutenção, se consegue recuperar parte do desempenho perdido, porém, não totalmente.

Inevitavelmente em um determinado ponto, ao passar um período de tempo elevado, chega-se a sobrevida da edificação, onde o risco de prejuízo à segurança é elevado. Por isso, deve ser levada em consideração a possibilidade de uma intervenção mais profunda.

Com a execução de manutenções preventivas e corretivas é possível obter na edificação uma vida útil residual que acrescida à vida útil de projeto constituem a vida útil real da edificação.

No caso da Ponte Seca, não há registros de intervenções mais profundas que mantivessem a vida útil da edificação. Por se tratar de uma estrutura de aço em regiões litorâneas, classificada pela categoria de corrosividade C4-Alta de acordo com anexo N da norma ABNT NBR 8800:2008, área costeira de média exposição à salinidade e poluição, o aço utilizado encontra-se deteriorado em locais bem definidos.

Além da exposição à salinidade e a poluição que provoca corrosão generalizada uniforme, o sistema de drenagem da ponte seca ineficiente gerou com o passar dos anos pontos localizados de acúmulo de águas pluviais elevando o nível de corrosão ao ponto de proporcionar perda de material nas peças em contato com o fluxo pluvial. Nas figuras 02 à 05 apresenta-se algumas patologias.



**Figura 02** - Corrosão generalizada com perda de seção



**Figura 03** - Corrosão generalizada com perda de seção na interface concreto/aço



**Figura 04** - Corrosão generalizada com perda de seção



**Figura 05** - Corrosão generalizada com perda de seção – causa provável de acúmulo de águas pluviais

### 3. Materiais e Métodos

Para realização do trabalho as atividades se deram da seguinte forma:

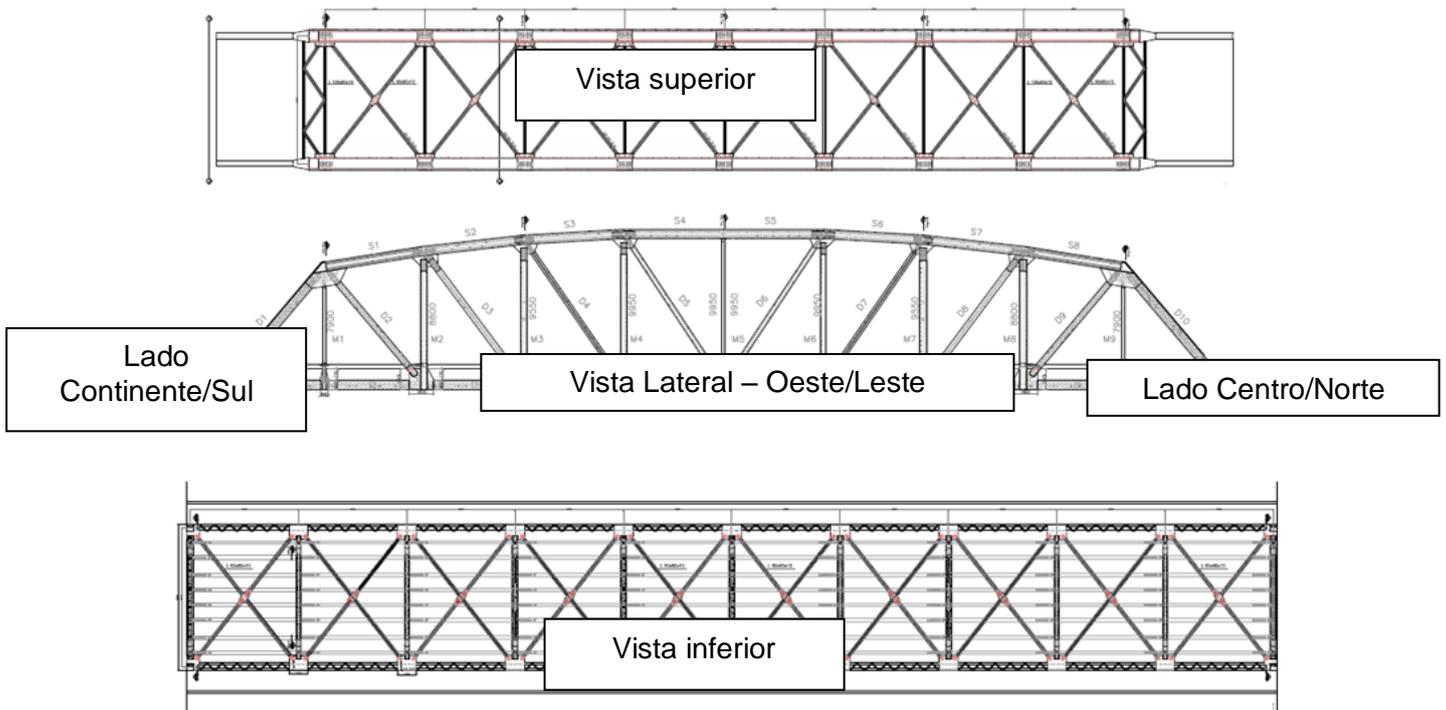
- a) Inspeção e cadastramento de patologias de componentes metálicos e de alvenaria da ponte;
- b) Coleta de amostras para execução de investigação dos materiais utilizados em sua construção e em possíveis intervenções realizada ao longo de sua história;
- c) “*As Built*” para execução de projeto estrutural de recuperação e reforço da estrutura de modo a atender às solicitações de esforços mecânicos desejados e sua manutenção, acompanhados de projeto de pavimentação e drenagem;
- d) Projeto Elétrico - luminotécnico para fins urbanísticos e de paisagismo;

#### 3.1 Inspeção e Cadastramento de Patologias

A análise de patologias da estrutura metálica da Ponte Seca esta dividida nas seguintes etapas:

- Levantamento geométrico e dimensional de toda estrutura.
- Nomeação da peças estruturais
- Levantamento de Patologias
  - Perfis e ligações rebitadas
  - Tabuleiro Superior
  - Tabuleiro Inferior
  - Concreto

Na figura 06 apresenta-se desenhos esquemáticos de como se deu a estratégia de inspeção e cadastramento de patologias.



**Figura 06** – Apresentação do levantamento dimensional e mapeamento de peças

A ponte é composta, na parte superior por montantes, diagonais, vigas caixão superiores numeradas, passarelas e guarda corpo do lado direito e esquerdo. Na parte inferior, sob o tabuleiro, a ponte é dividida em 10 (dez) tramos, compostos por longarinas, 2 (duas) em viga caixão e 7 (sete) viga “I”, as caixão numeradas, e 4 (quatro) sapatas metálicas. 2 no lado “continente” - sul denominadas sapatas de entrada de tráfego, e 2 no lado “centro” – norte, denominadas de saída de tráfego.

A análise das patologias foi realizada por fotos, documentadas por peça totalizando em um documento técnico de 284 fotos. A inspeção visual foi realizada com base nas normalizações vigentes, entre elas a ABNT NBR 8.800 – Projetos de estruturas de aço e estruturas mistas de aço e concreto de edifícios e ABNT NBR 315/07 – Ensaio Visual.

Para cadastro de patologias de corrosão foi utilizada a norma SSPC-VIS 2/ASTM D610 08(2012) Standard Practice for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces, corrosion, rusting” de acordo com a tabela 01

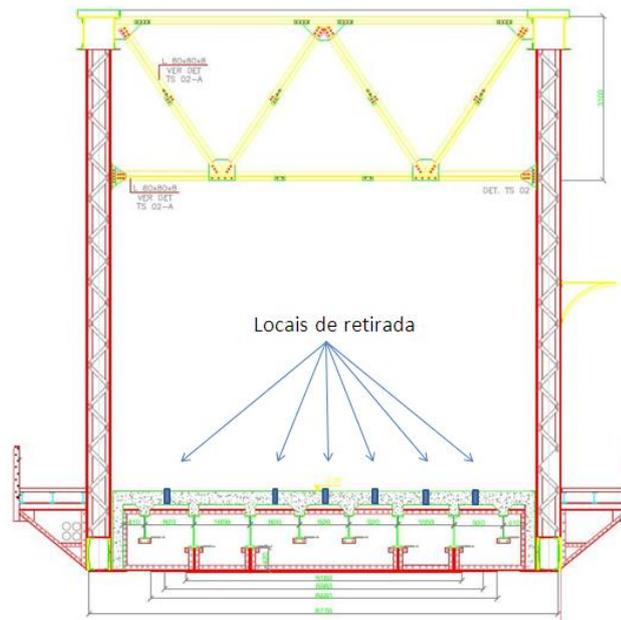
**Tabela 01** - Classificação do Grau de Oxidação conforme norma SSPC-VIS 2/ASTM D610

Grau	Porcentagem de área oxidada	
4	3 a 10 %	4-G
3	10 a 16%	3-G
2	16 a 33%	2-G
1	33 a 50 %	1-G

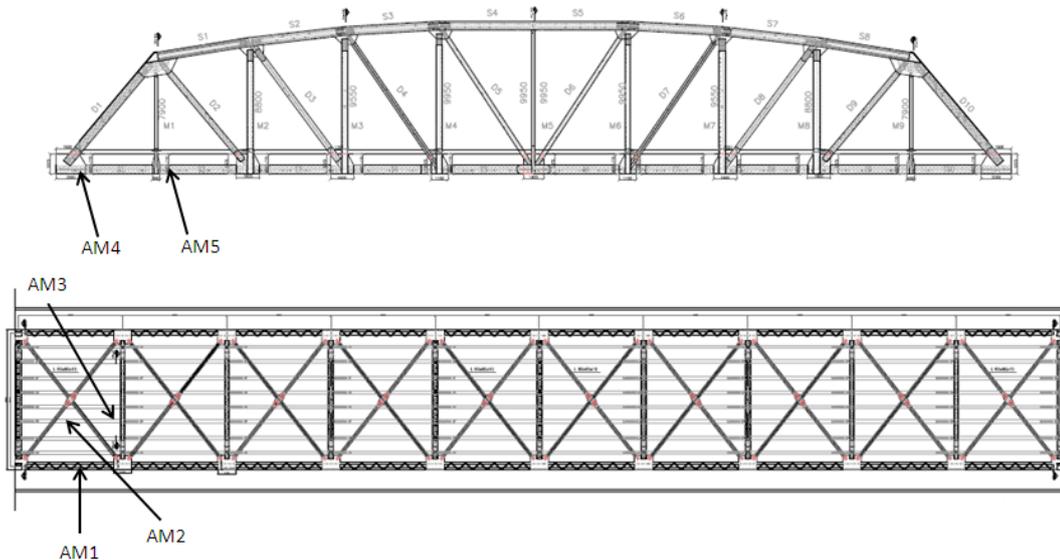
### 3.2 Coleta de amostras

Na análise laboratorial, foram retiradas no local 8 (oito) amostras do pavimento e tabuleiro de concreto da ponte em diferentes regiões, 4 (quatro) amostras de barras de aço da armadura, duas de cada diâmetro, e 5 (cinco) amostras de diferentes componentes estruturais da estrutura metálica da ponte.

Na figura 07 apresenta-se o local retirada dos corpos de prova de concreto do pavimento e tabuleiro da ponte. Na figura 08 apresentam-se os locais onde foram coletadas as amostras metálicas, AM1, AM2, AM3, AM4 e AM5. Na tabela 02 apresenta-se especificação de cada amostra.



**Figura 07** – Local de retirada dos corpos de prova de concreto



**Figura 08** – Local de coleta de amostra metálicas  
**Tabela 02** – Especificação das amostras metálicas

Descrição da Amostra	Amostras
Barra diagonal da longarina viga caixão no 1° tramo lado direito na parte inferior	Amostra 1
Segmento da mesa da 3° longarina Direita para Esquerda, 1° tramo na parte inferior	Amostra 2
Segmento do consolo na transversina na 3° longarina direita para esquerda	Amostra 3
Chapa Lateral de reforço da viga caixão da peça D1	Amostra 4
Cantoneira L da peça montante M1	Amostra 5

Com base nos resultados obtidos através da análise de patologias em campo e dos ensaios realizados em laboratório das amostras coletadas, é possível avaliar e identificar parte dos materiais utilizados para a construção da estrutura.

### 3.3 “As Built” e Projeto de Reforço Estrutural e Recuperação

Com base na inspeção, patologia, levantamentos realizados e demais análises dos materiais e suas concepções, elaborou-se “As Built” de projeto para assim elaboração do projeto executivo de restauro, englobando as especificações técnicas dos componentes a serem utilizados na estrutura e metodologias executivas.

Os projetos elaborados dão continuidade ao projeto arquitetônico, calculando-se os elementos de sustentação, indicando as dimensões das vigas, pilares e lajes, especificando as ligações principais, os tipos de aços, concreto, especificação dos tipos de ligações soldadas e parafusadas e tipo de revestimento protetor.



Com base nos levantamentos efetuados e baseados em pesquisas dos trabalhos realizados na restauração das Cinco Pontes, foram elaborados desenhos específicos indicando graus de deterioração e classificação das peças corroídas em três cores discriminadas abaixo.

- Vermelho – Perda de seção;
- Amarelo – Corrosão Uniforme sem perda de seção;
- Preto – Deformação plástica por impacto.

Na figura 09 apresenta-se parte do levantamento realizado de forma a orientar na elaboração do projeto de reforço estrutural e recuperação. Nos locais onde houve perda de seção e deformação, indicados em vermelho, as peças deverão ser substituídas por chapas ou novos perfis e componentes, as peças indicadas em amarelo e preto deverão ser reparadas.

Na sequencia elaborou-se calculo estrutural por intermédio de softwares de elementos finitos tomando-se como base os levantamentos de campo geométrico e dimensional, bem como ensaios laboratoriais, tendo em vista verificar a capacidade e/ou a necessidade de reforço estrutural perante a aplicação das cargas para a Classe 45, nos termos da NBR 7188 - Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas.

Esta verificação considera que os elementos estruturais existentes estejam recuperados e/ou substituídos, conforme sua geometria inicial quando da sua implantação.

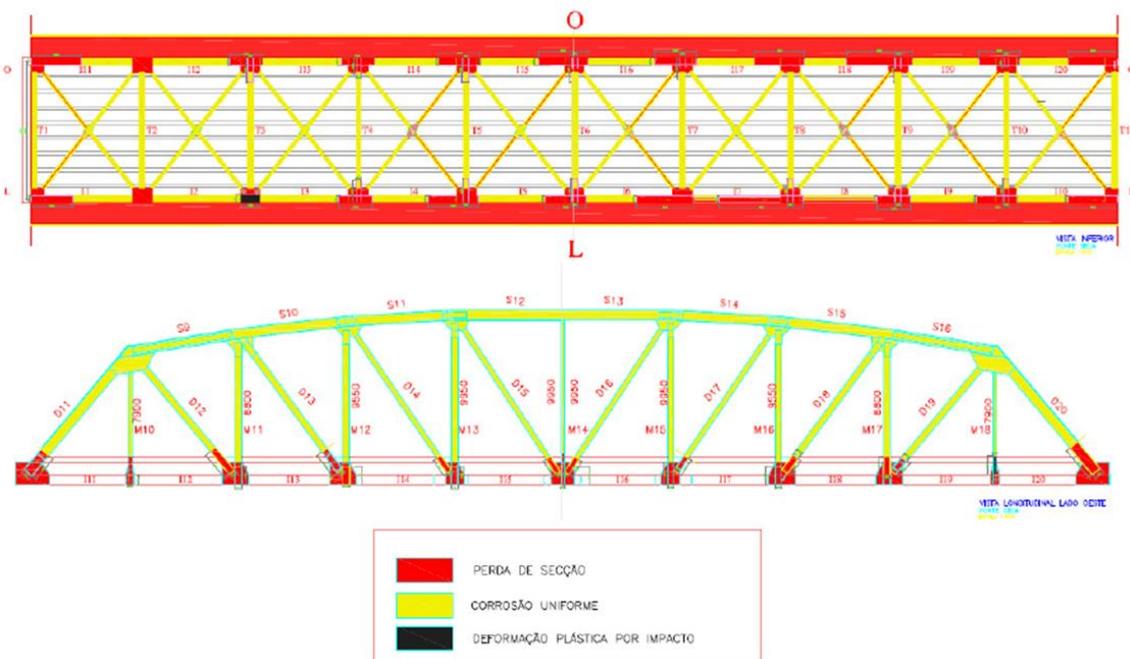
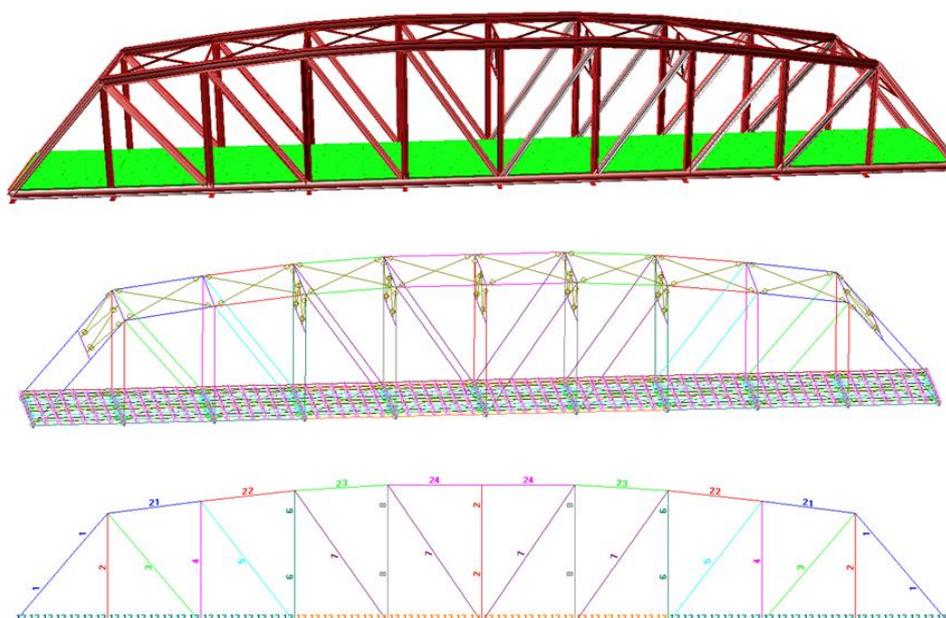


Figura 09 – Indicativos de reparos e recuperação da estrutura

Para determinação e verificação dos esforços solicitantes na estrutura foi utilizado um modelo de pórtico tridimensional e processado no *Software* STRAP (Structural Analysis Programs), da ATIR Engineering Software Development.

O tabuleiro foi simulado em elementos finitos e considerado apenas apoiado sobre as longarinas, isto é, sem conectores nos perfis metálicos como mostram as fotos de execução da época de implantação da ponte e confirmado nas investigações de campo. Na figura 10 apresenta-se de forma demonstrativa os recursos gráficos utilizados.



**Figura 10** – Modelo computacional de análise da ponte

Para os cálculos de drenagem, os sistemas de águas pluviais foram dimensionados de maneira a permitir um rápido escoamento das precipitações pluviais coletadas e facilidade de limpeza e desobstrução em qualquer ponto da rede, não sendo tolerados empoçamentos ou extravasamentos, visando garantir níveis aceitáveis de funcionalidade, segurança, conforto, durabilidade e economia.

Após realizados os cálculos e compatibilizados todos dados e condições atuais da estrutura elaborou-se o projeto executivo de restauração compostas por diversas pranchas de projetos, especificações técnicas, metodologias específicas executivas, plano de inspeção e testes, além de memoriais de cálculo e planilhas orçamentárias.

### **3.4 Projeto Elétrico - Luminotécnico para fins urbanísticos e de paisagismo**



Para execução do projeto elétrico e luminotécnico executivo de iluminação pública e ornamental foi realizado um estudo por intermédio de ferramenta o Software Dialux, onde o mesmo trabalha na geração da perspectiva do efeito pretendido, com cores falsas com escalas de luminosidade “Lx” (fluxo luminoso), iluminância vertical e horizontal, ilustrando assim o efeito nas superfícies a serem iluminadas.

Na sequência com base nas simulações realizadas, especificou-se a listas de luminárias, seu posicionamento, dimensão e dispositivos de proteção em pranchas de projetos.

Na especificação levaram-se em conta suas características físicas como luminância e potência, linhas isográficas na superfície de cálculo no tabuleiro, folhas de dados nas luminárias, tabela de potência luminosa, diagrama de densidade luminosa, folha de dados de ofuscamento e folha de dados de iluminação de emergência.

Na figura 11 apresentam-se as simulações realizadas pelo software e suas respectivas escalas de forma demonstrativa.

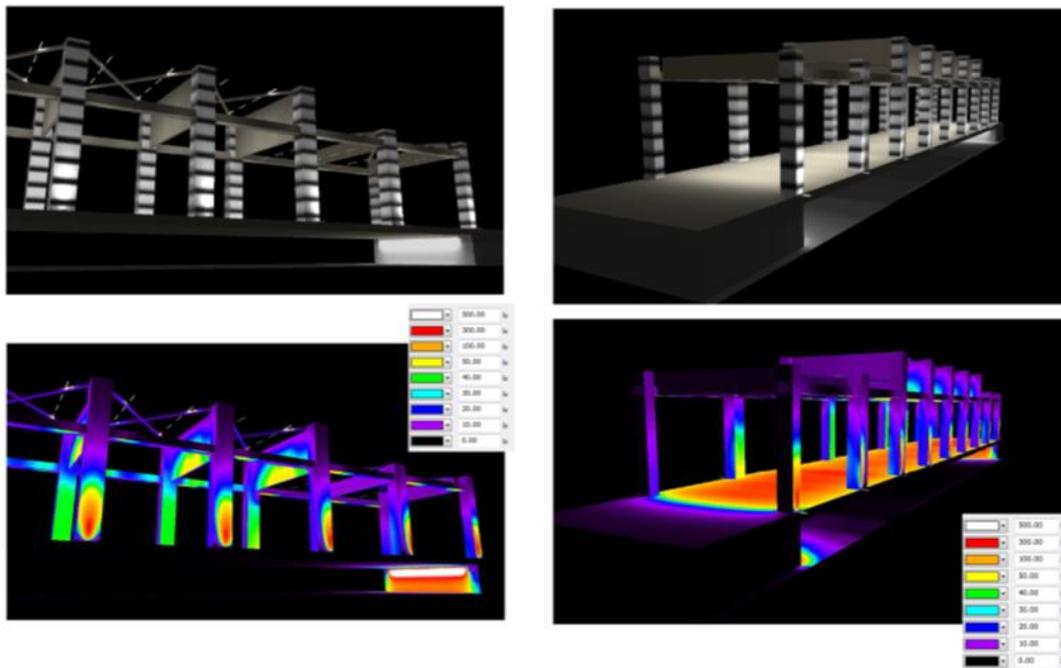


Figura 11– Demonstrativo os recursos gráficos utilizados

#### 4. Análises Laboratoriais e Resultados obtidos e Discussões

Após coleta das amostras foram realizados os seguintes ensaios que auxiliaram na elaboração dos projetos de reforço e recuperação supracitados:

- a) Concreto:
  - \* Ensaio mecânico de compressão



- Ultrassom
  - Reconstituição do traço de concreto
- b) Metálicas
- Ensaio mecânicos de tração
  - Análises químicas
  - Metalografia

Foram realizadas as seguintes análises:

- c) Concreto
- Aspectos gerais das composições do concreto e propriedades mecânicas.
  - Levantamento dimensional do tabuleiro e camada de asfalto.
- d) Metálicas
- Propriedades mecânicas tais como, limite de escoamento, resistência à tração e alongamento.
  - Composição química, análise da presença de elementos de liga responsáveis por propriedades físico-químicas do material.
  - Análise da soldabilidade do material por meio do cálculo do carbono equivalente, conforme norma AWS – American Welding Society.
  - Análise Metalográfica microestrutural das fases constituintes.

Os dados obtidos nos corpos de prova de concreto revelaram suas propriedades gerais auxiliando na recuperação do pavimento. As análises realizadas nas amostras metálicas auxiliaram na obtenção do material correto na restauração. Na tabela 03 apresenta-se os dados obtidos nos ensaios mecânicos da amostras metálicas.

Tabela 03 – Propriedade Mecânicas

Amostra	L. de Escoamento (Mpa)	L. de Resistência (MPa)	Alongamento (%)
1	290	477	37
2	***	***	***
3	***	***	***
4	279	459	28
5	***	***	***

Para análise da temperabilidade e soldabilidade do aço calcula-se o carbono equivalente das amostras. De acordo com Instituto Internacional de Soldagem (IIW) utiliza-se a equação 1. Na tabela 04 apresenta-se sua composição química e cálculo de carbono equivalente. [6]

**Equação 1** – Carbono equivalente.

$$C_{eq} = \%C + \frac{\%Mn}{5} + \frac{\%Cr}{6} + \frac{\%Mo}{6} + \frac{\%V}{6} + \frac{\%N}{15} + \frac{\%Cu}{15}$$



Elementos químicos das Amostras	Amostra 1 (%)	Amostra 2 (%)	Amostra 3 (%)	Amostra 4 (%)	Amostra 5(%)
C	0,1495	0,2031	0,1853	0,2064	0,2023
Mn	0,6491	0,5788	0,7486	0,653	0,6349
S	0,0534	0,02	0,0519	0,0345	0,0346
P	0,03	0,0204	0,0461	0,0206	0,0154
B	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Nb	0,0064	0,0064	0,0064	0,0064	0,0064
Si	0,2777	0,0119	0,2221	0,1712	0,2078
Cr	0,0136	0,0115	0,0224	0,0111	0,0935
Mo	0,0069	0,0069	0,0069	0,0069	0,0069
V	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Ni	0,0444	0,0346	0,0429	0,0389	0,0292
Cu	0,1445	0,0894	0,166	0,1042	0,0859
<b>C. equivalente</b>	<b>0,32106</b>	<b>0,31389667</b>	<b>0,36727</b>	<b>0,35730667</b>	<b>0,370903333</b>
<b>Soldabilidade</b>	<b>Boa</b>	<b>Boa</b>	<b>Boa</b>	<b>Boa</b>	<b>Boa</b>

#### 4.1 Discussão de análise do concreto

As amostras do tabuleiro de concreto coletadas resultados coerentes e satisfatórios, caracterizando o concreto utilizado na ponte como um concreto de fck – resistência média à compressão de 40 Mpa. Constatou-se da presença de 2 (dois) tipos de concretos, classificados como concreto escuro e magro com propriedades mecânicas compatíveis e adesão entre ambos satisfatórios.

Estas evidências direcionam o projeto no sentido de reaproveitar o concreto escuro retirando o asfalto e escarificando o mesmo, demolindo somente o concreto do passeio e das extremidades da pista.

De acordo com as informações obtidas será aplicado como pista de rolamento concreto estrutural com propriedades mecânicas compatíveis ao concreto original e telas de aço galvanizado.

#### **4.2 Discussão de análise das amostras metálicas**

As amostras da estrutura metálica apresentaram resultados semelhantes nos ensaios realizados. Nos ensaios mecânicos expostos na tabela 03 o limite de escoamento oscila entre 290 e 279 MPa, propriedades mecânicas que se aproximam ao aço de baixo carbono ASTM A36, de limite escoamento mínimo de 250 MPa.

Nos ensaios químicos, a composição química confirma os resultados dos ensaios mecânicos, o teor de carbono confirma sua classificação como aço de baixo carbono, com teores menores que 0,2%.

A análise dos teores dos elementos de liga também confirmam os valores do limite de escoamento onde os elementos como Mn e Si possuem porcentagens consideráveis e normalmente estão presentes em todos os aços estruturais comerciais.

Ao analisar os elementos P, Cr, Ni, e Cu, que são responsáveis por características de resistência à corrosão, os mesmos apresentam valores de porcentagem insignificantes. Semelhante ao que ocorre com os elementos Mo, V e B, responsáveis por elevar a temperabilidade dos aços.

O enxofre que comumente produz fragilidade à elevadas temperaturas, porosidades e trincas a quente na solda, possui teores insignificantes. O cálculo do carbono equivalente classifica as amostras como aços de boa soldabilidade compatível com o eletrodo do tipo E-70XX – AWS A5.1.

Na análise metalográfica observa-se as microestruturas perlita e ferrita em matriz eutética com coloração opaca, amarelado com pontos escuros de perlita, características metalográficas de aços de baixo carbono, a macrografia não revela descontinuidades relevantes. Os valores da dureza Vickers apresentam-se dentro da faixa de valores especificados para aço de baixo carbono.

O aço identificado na estrutura metálica da ponte se aproxima do aço ASTM A36 e do DIN ST 37, SIEMENS MARTIN, enquadrando-se nos aço utilizados na construção de pontes em estrutura metálica no início de século XX, segundo a literatura e levantamento histórico realizado.

Para especificação de materiais de restauro devem-se usar aços semelhantes ao material de origem, eletrodo E-7018-A1 válido também para os rebites, no caso de parafusos utilizar ASTM A325 tipo 1 ou DIN – ISO 8677.

## 5. Conclusão

A ponte Florentino Ávidos – Ponte Seca é mais do que um componente do sistema viário municipal de Vitória-ES, é um símbolo histórico da cidade e ainda fonte de informações históricas que revelam características do desenvolvimento da tecnologia avançada em sistemas de transportes ferroviários, metalurgia da época, e principalmente da história do município de Vitória.

Para preservar a estrutura deste monumento histórico são necessárias intervenções imediatas e urgentes, visando a manutenção estrutural e estética da ponte. A qual deve ser executada de forma adequada seguida de manutenções periódicas a fim de preservá-la por mais 90 anos.

As inspeções visuais conciliadas com ensaios não destrutivos realizados na estrutura metálica indicaram elevado estado de degradação por corrosão, principalmente, em regiões onde ocorre acúmulo de eletrólito, devido provavelmente por falhas de drenagem que ocasionam acúmulo de águas pluviais nos encontros das longarinas, transversinas, montante ou diagonais que provocando a perda de material por corrosão pontual e uniforme.

Além do aço carbono não possuir elementos de liga que o protegem contra a corrosão o mesmo não possui revestimento protetor adequado como galvanização ou tintas protetoras, acentuando ainda mais a ação do processo de corrosão.

Os locais com presença de frestas tem intenso de ataque corrosivo no aço e concreto. Nestas regiões desenvolvem-se produtos de corrosão que atuam como concentradores de tensão provocando deformação e até ruptura de algumas peças que compõem as peças estruturais da ponte.

Diante das inspeções, ensaios e análises dos resultados e do processamento estrutural da ponte, foi constatado a necessidade de realizar uma manutenção corretiva, seguida da elaboração de projetos de reabilitação adequando as atuais normatizações vigentes, visando uma melhoria à segurança estrutural da ponte e, segurança dos motoristas e pedestres.

A realização deste conjunto de análises e projetos possibilitou um estudo de engenharia de recuperação e reforço, que além de recuperar esta obra arte respeitando suas características originais, foi possível elevar a sua capacidade de carga de trabalho de classe 30 para Classe 45, nos termos da NBR 7188 - Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas.

Logo este trabalho permite demonstrar que independente do estado de conservação e época de construção em que as estruturas foram construídas, a execução de estudos investigativos seguida de análises; é possível encontrar soluções compatíveis e viáveis para atual época, permitindo assim a elaboração de projetos com uso de materiais e técnicas construtivas adequadas sem prejudicar o patrimônio cultural e até mesmo as características originais das estruturas de aço.

## REFERÊNCIAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR NM 315/07 – “Ensaio não destrutivo – Ensaio visual – Procedimento
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 8800/08 – “Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios”
- [3] American Society for Testing and Materials (ASTM) D610 - 08(2012) Standard Practice for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces, corrosion, rusting”
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) NBR 7188 – “Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas”
- [5] American Welding Society (AWS) D1.1/2010 - Structural Welding Code – Steel
- [6] <http://www.abs-soldagem.org.br/>, acesso em julho de 2013.
- [7] PFEIL, W, PFEIL, M. *Estruturas de Aço, Dimensionamento Prático de Acordo com a NBR 8800:2008, 8ª ed, Rio de Janeiro – 2009.*
- [8] PINHO, O. F, BELLEI, H. I, *Pontes, Viadutos em Vigas Mistas, Instituto Brasileiro de Siderurgia, CBCA – CENTRO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO EM AÇO, Rio de Janeiro – 2007.*
- [9] [http://www.historisches-lexikon-bayerns.de/artikel/artikel\\_45119](http://www.historisches-lexikon-bayerns.de/artikel/artikel_45119), acesso em agosto de 2013.
- [10] GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO – *Restauração da Ponte Florentino Ávidos, Vitória, 2005.*
- [11] ESEEL - Espírito Santo Engenharia Estrutural Ltda, *Análise das condições de segurança e integridade da Ponte Seca, Vitória – 2009.*
- [12] <http://legado.vitoria.es.gov.br/baiadevitoria>, acesso em julho de 2013.
- [13] DAUS (Design Arquitetura Urbanismo Sustentavel) “projeto portal sul de vitória”.



- [14] **FREITAS, J. S,** *Intervenções Urbanísticas em Vitória-ES, 1900 – 1950: modernização e expansão territorial*, ANPUH – XXIII SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA – Londrina, 2005.
- [15] **CALLISTER, W. D,** *Ciência e Engenharia de Materiais, Uma Introdução*. 5ª Edição, LTC, São Paulo – 2002.