

Tema: Coberturas e fechamentos: materiais, tecnologia e projeto

## RETROFIT DA ESTRUTURA DE COBERTA DO ESPAÇO CULTURAL JOSÉ LINS DO REGO\*

Sandro Valério de Souza Cabral<sup>1</sup>

Paulo Henrique Alves de Lima<sup>2</sup>

Priscila Aquino Coutinho<sup>3</sup>

### Resumo

Muitas estruturas construídas no período da arquitetura moderna brasileira já possuem mais de 30 anos de vida útil. Várias merecem atenção com relação a sua recuperação e reabilitação estrutural. O Espaço Cultural José Lins do Rego (ECJLR), localizado na cidade de João Pessoa-PB, projetado pelo célebre arquiteto Sérgio Bernardes e inaugurado em 1984, é um exemplo. Este estudo visa descrever e analisar o processo de recuperação e reabilitação da cobertura do ECJLR. A cobertura, com área de 33000 m<sup>2</sup>, é composta de uma treliça espacial em alumínio, com vão livre de até 60m, apoiada quase integralmente em pilares-árvore de aço. O procedimento de retrofit envolve uma vistoria completa, uma avaliação estrutural criteriosa, um mapeamento dos problemas detectados e a proposição de soluções, incluindo análise de deformações, de corrosão galvânica nas ligações aço-alumínio, de corrosão dos elementos em aço, substituição de todo o telhamento e melhorias no aspecto geral e durabilidade a partir de pintura. O procedimento descrito, concluído em 2014, mostra-se bastante eficaz e restabelece o estado de integridade original da estrutura.

**Palavras-chave:** Retrofit; Estruturas; Coberta; Recuperação

### JOSÉ LINS DO REGO CULTURAL CENTER ROOF STRUCTURE RETROFIT

### Abstract

Many built structures of the Brazilian modern architecture period are older than 30 years. Several deserve attention concerning its structural recovery and rehabilitation. The José Lins do Rego Cultural Center (ECJLR), located in the city of João Pessoa, Paraíba state of Brazil, designed by the known architect Sérgio Bernardes and concluded in 1984, is an example. This study aims to describe and analyze the retrofit process of the roof structure of ECJLR. The roof is composed of aluminum spatial trusses, with free span of up to 60m and area of 33000 m<sup>2</sup>, mostly supported by tree-like steel columns. The retrofit procedure involves a complete structure survey, a detailed structural analysis, mapping of the detected problems and solutions proposition, including deflection analysis, galvanic corrosion on steel-aluminium joints, corrosion of steel elements, replacement of the roofing and improvements on esthetics and durability through painting. The prescribed approach, concluded in 2014, is efficient and restores the structure original integrity state.

**Keywords:** Retrofit; Structures, Roof, Rehabilitation.

<sup>1</sup> Engenheiro Civil, Mestre em Estruturas, MPhil in Civil Engineering, Diretor técnico da Projectação Projetos e Soluções Estruturais Ltda, João Pessoa - PB.

\* Contribuição técnica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

<sup>2</sup> Engenheiro Civil, Engenheiro Estrutural na Projectação Projetos e Soluções Estruturais Ltda, João Pessoa - PB.

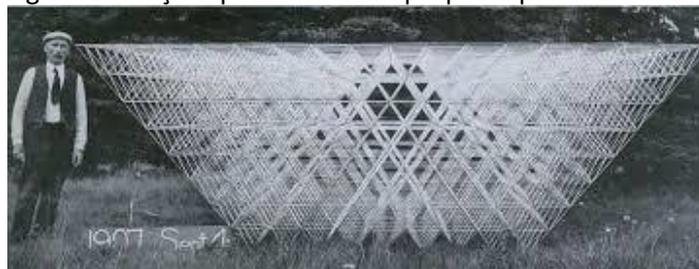
<sup>3</sup> Estudante de Engenharia Civil, Estagiária na Projectação Projetos e Soluções Estruturais Ltda, João Pessoa - PB.

## 1. INTRODUÇÃO

O legado da arquitetura moderna brasileira é indiscutível, nacionalmente e internacionalmente, merecendo ser preservado. Muitas estruturas construídas durante este período da história da arquitetura brasileira possuem mais de 30 anos de vida útil e despertam a atenção com relação a sua recuperação e reabilitação estrutural. A maioria das edificações produzidas nesta época tem o concreto armado como principal material estrutural, mas há vários exemplos de estruturas metálicas como os edifícios anexos do Congresso Nacional em Brasília (SILVA e MACEDO [1]) cuja estrutura em aço foi importada dos EUA (1957) e a cúpula do Conjunto Nacional em São Paulo cuja estrutura em alumínio foi concluída em 1955 e projetada por David Libeskind (VIEGAS [2]).

Desde o seu desenvolvimento a partir da proposta de Alexander Graham Bell em 1907 (Figura 1), as estruturas treliçadas modulares espaciais, geralmente em aço ou alumínio, têm sido largamente utilizadas especialmente para edificações com grandes vãos (FURTINI [4]). A primeira estrutura treliçada espacial construída no Brasil foi a cobertura do Centro de Exposições do Anhembi em São Paulo, executada em alumínio com pilares de aço, com área total de 67600 m<sup>2</sup>, vãos de até 60m e concluída em 1970 (SOUZA e MALITE[3]; SOUZA[5]). Este tipo de estrutura requer cuidados especiais tanto relativos à sua concepção, dimensionamento e detalhamento quanto à sua execução e manutenção, pois há diversos casos de falhas estruturais catastróficas descritos na literatura (SOUZA [5]), tanto relacionados ao seu planejamento, muitas vezes ligados à previsão do comportamento de suas ligações, como à execução, como o colapso da estrutura de cobertura Centro de Convenções de Manaus em 1994.

Figura 1 Treliça espacial modular proposta por Graham Bell



Fonte: SOUZA e MALITE [3]

O retrofit de estruturas, definido como um processo de recuperação, reabilitação e requalificação estrutural, é uma área ainda pouco explorada no Brasil, especialmente para estruturas metálicas. Há alguns estudos sobre patologias, recuperação e manutenção de estruturas em aço (DAL'BÓ e SARTORTI [6]; COSTA [7]), mas estudos específicos para estruturas em alumínio são raros. COSTA [7] apresenta mecanismos de degradação, planos de avaliação e técnicas de inspeção de estruturas metálicas, pautadas a partir das prescrições da NBR 5674/1999 [8].

---

\* Contribuição tecnológica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

O Espaço Cultural José Lins do Rego (ECJLR), localizado na cidade de João Pessoa-PB e inaugurado em 1984, é um marco da segunda geração da arquitetura moderna brasileira (ROCHA e CABRAL [9]) e um exemplo bem sucedido da arquitetura moderna brasileira principalmente no que se refere à iteração entre arquitetura e sistemas construtivos/estruturais, diretamente atribuída a seu idealizador, o célebre arquiteto Sérgio Bernardes. O ECJLR passou por um processo amplo de retrofit em 2014, onde não só a estrutura da cobertura, mas como toda a estrutura em concreto armado, fachadas e entrada principal foram recuperados, incluindo a requalificação do teatro Paulo Pontes e a adição de um novo cinema, além de novas áreas de comércio.

Este estudo visa descrever e analisar o processo de recuperação e reabilitação da cobertura do ECJLR. A cobertura, com área de 33000 m<sup>2</sup>, é composta de uma treliça espacial em alumínio, com vão livre de até 60m, apoiada em pilares-árvore de aço e na estrutura de concreto armado existente. O procedimento de retrofit envolve uma vistoria completa, uma avaliação estrutural criteriosa, um mapeamento dos problemas detectados a partir de marcação com pintura dos elementos atingidos e a proposição de soluções. Mais especificamente, a análise inclui a avaliação de deformações in loco e téoricas, de corrosão galvânica na intersecção aço-alumínio, de corrosão de elementos em aço, a substituição de todo o telhamento, incluindo calhas e rufos, e melhorias no aspecto geral e maior durabilidade a partir de pintura protetiva. O procedimento descrito, executado em 2014, mostra-se bastante eficaz e restabelece o estado de integridade original da estrutura, devidamente verificado em vistorias posteriores.

## 2 DESCRIÇÃO DA OBRA

O ECJLR é um centro cultural que possui teatros, cinema, galeria de arte, biblioteca, planetário, auditórios, salas de apoio, escola de música, mezaninos e principalmente o museu que dá nome ao prédio: o Museu José Lins do Rego.

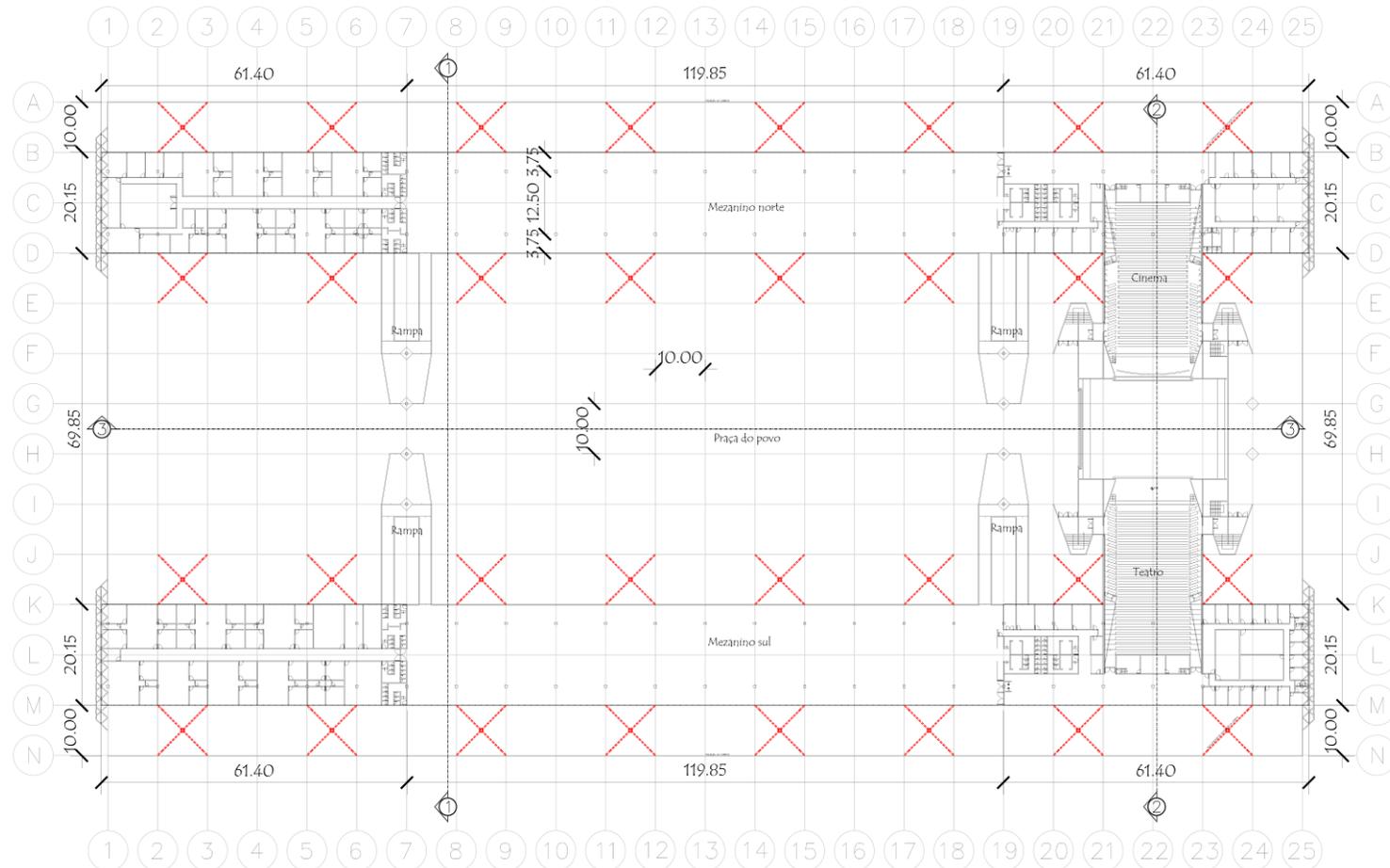
A Figura 2 mostra fotos da edificação antes do processo de retrofit. A Figura 3 mostra a planta geral do edifício evidenciando os vãos de 60m na direção transversal e 30m na direção longitudinal e as grandes dimensões da cobertura.

Figura 2 - Vão central da estrutura e pilares-árvores em aço apoiando a treliça espacial (fotos antes da recuperação)



Fonte – Arquivo Projectação

Figura 3 - Planta baixa geral do mezanino do Espaço Cultural (em vermelho estão representados os pilares-árvores de aço)



Fonte – Arquivo Projectação

A vistoria e o processo de recuperação de toda a estrutura de coberta, incluindo o telhamento, são inicialmente motivados pelo barulho excessivo das telhas convencionais metálicas em situação de chuva, existência de patologias, além de infiltrações e o relato aparente de grande deformação na região do planetário (Figura 4):

Figura 4 - Local onde havia preocupações acerca dos deslocamentos da treliça espacial: região localizada acima do planetário (fotos antes da recuperação)

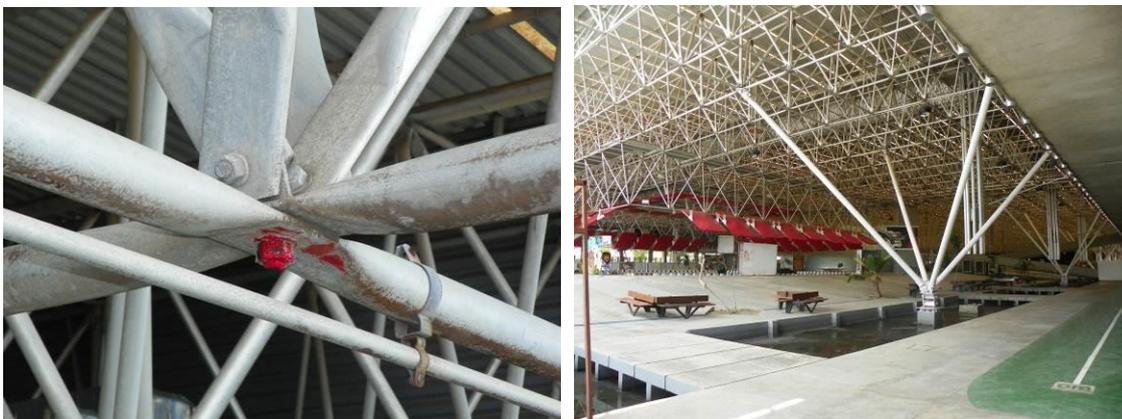


Fonte – Arquivo Projectação

A treliça espacial é formada por perfis tubulares de alumínio de liga 6351 T6 (ALCOA [10]) conectados por nós parafusados do tipo nó “amassado” (Figura 5). A estrutura, composta de perfis circulares ocos com diâmetros externos de 75, 100 e 140mm de diâmetro, possui altura constante de 3 metros e módulos com dimensões de 2,50mx2,50m em planta. Os tubos com diâmetro de 140mm estão localizados nas proximidades dos pilares-árvores centrais, onde há maiores esforços axiais. Os tubos com diâmetro de 100mm também estão dispostos nas proximidades dos pilares-árvores e também estão presentes no sentido longitudinal, juntamente com os tubos de 75mm, ao longo de toda a estrutura.

Os pilares-árvores em aço ASTM A-36 têm altura que varia de 7m a 10m, com perfil tubular oco de diâmetro de 200mm e chapa 8mm (Figura 5).

Figura 5 - Um dos nós da estrutura e pilares-árvores que apoiam a treliça espacial (fotos antes da recuperação)



Fonte – Arquivo Projectação

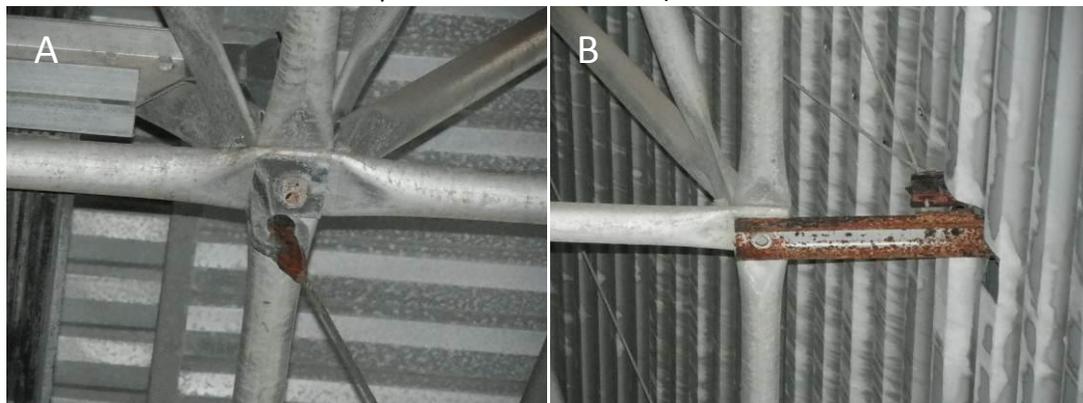
### 3 PROCEDIMENTO DE VISTORIA

O procedimento empregado para a vistoria, desenvolvido e aplicado por uma equipe de quatro profissionais, para garantir que toda a estrutura submeter-se-ia a minuciosa análise de pontos críticos e possíveis problemas estruturais é composto de quatro etapas: vistoria preliminar, divisão de áreas analisadas, identificação de patologias e medição de deformações. Este procedimento é definido como inspeção visual por COSTA [7], que também classifica os possíveis problemas a serem investigados como químicos ou biológicos (corrosão, acúmulo de detritos e pó), físicos (fadiga, deformações) ou outros eventos (impacto, sobrecargas, fogo, infiltrações, etc.).

#### 3.1 Vistoria preliminar

A vistoria preliminar tem por finalidade avaliar inicialmente e de modo geral os principais problemas estruturais e construtivos da estrutura: o grau de corrosividade localizada ou geral da estrutura, a presença de patologias relacionadas ao telhamento, escoamento e infiltração de águas pluviais, identificação de pontos críticos com relação a deformações ou incompatibilidades construtivas e a análise geométrica inicial (item 2). A Figura 6 ilustra um exemplo do estado de corrosão quando da vistoria preliminar relativo ao contato entre aço e alumínio em dois casos.

Figura 6 – Estado inicial da estrutura (A- ligação de cabos com a coberta; B- Ligação platibanda com coberta)



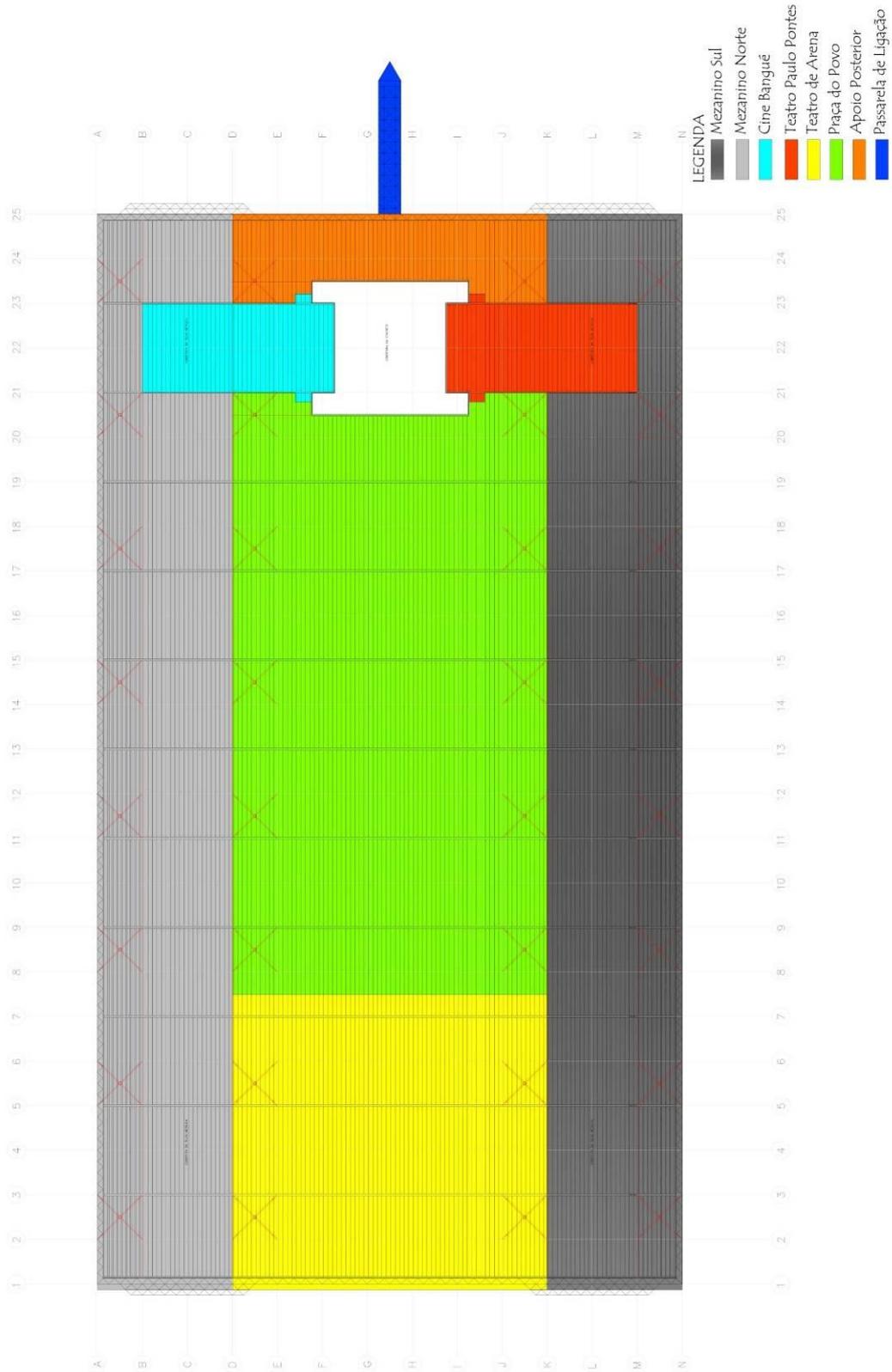
Fonte – Arquivo Projectação

### 3.2 Divisão das áreas analisadas

Para melhor analisar toda a estrutura, as áreas são divididas em trechos identificados pelos números (Figura 7):

- 1) Mezanino sul
- 2) Mezanino norte
- 3) Cine Bangué
- 4) Teatro Paulo Pontes
- 5) Teatro de arena
- 6) Praça do povo
- 7) Apoio posterior
- 8) Passarela de ligação
- 9) Pilares sul
- 10) Pilares norte

Figura 7 – Divisão de áreas de estudo



\* Contribuição tecnocientífica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

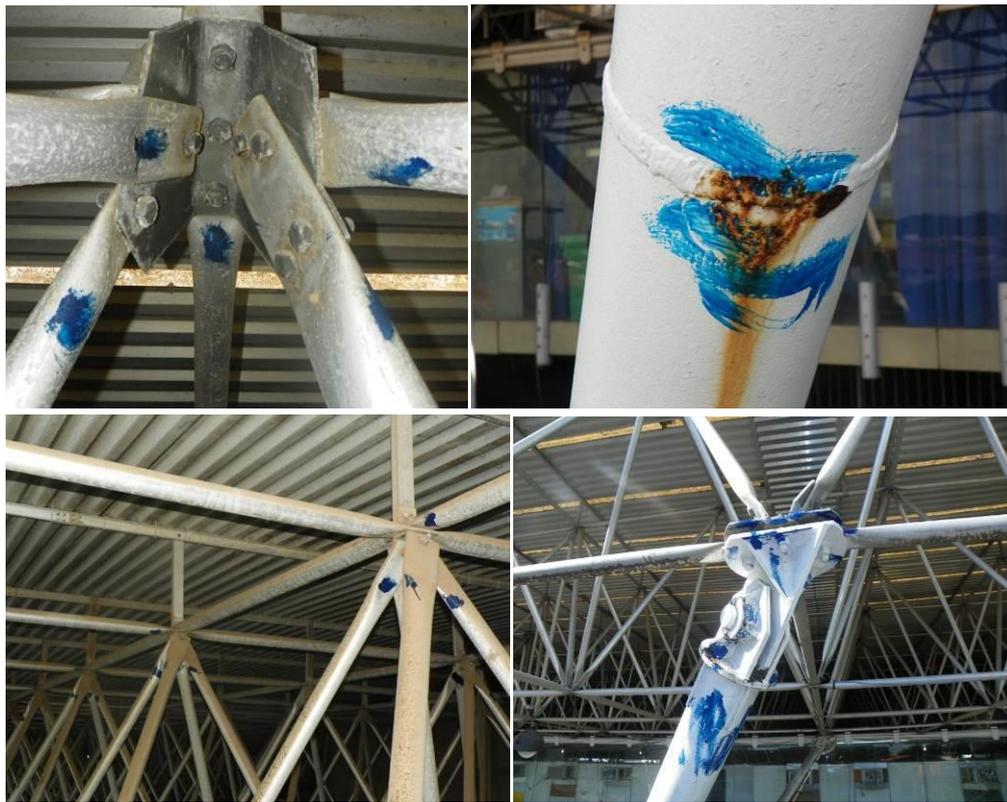
### 3.3 Identificação de patologias

Com a finalidade de facilitar a identificação, atribui-se para cada grau de corrosividade dos elementos duas cores distintas: azul e vermelho.

Os pontos com problemas aparentes são marcados in loco, definindo três categorias:

- A) Pintados em azul: pontos onde há corrosão aparente na ligação ou folga nos parafusos, mas não há a necessidade de substituição de peças ou parafusos (Figura 8).

Figura 8 – Categoria A



Fonte – Arquivo Projectação

- B) Pontos pintados em vermelho: pontos onde há corrosão aparente na ligação ou problema grave, como falta de parafusos, onde há a necessidade de substituição de peças (Figura 9).

A marcação em vermelho baseia-se no aspecto de corrosão aparente da ligação. Isto significa que é possível, quando da execução do procedimento de manutenção/recuperação, que a substituição do parafuso ou peça marcado em vermelho não seja necessária. A substituição só é necessária caso haja esfacelamento total ou parcial do parafuso ou peça.

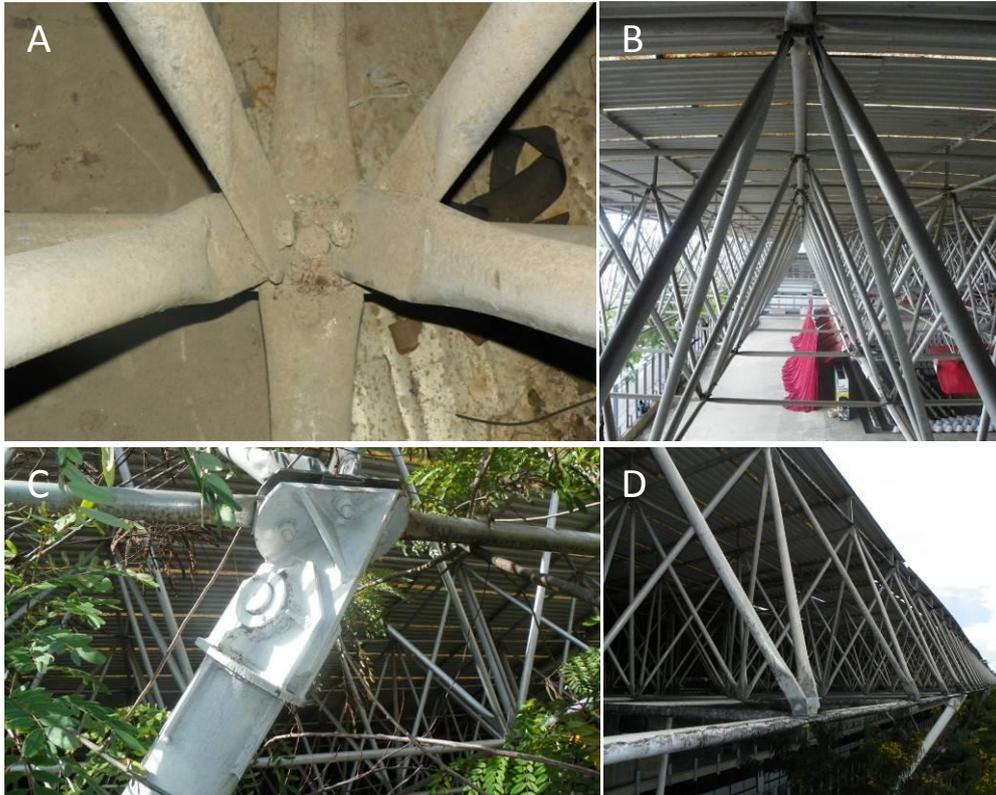
Figura 9 – Categoria B



Fonte – Arquivo Projectação

- C) Pontos não marcados, mas reportados: pontos onde há problemas visíveis de outra natureza ou pontos especiais (Figura 10).  
Há várias áreas ou pontos que merecem menção especial por conter problemas típicos ou localizados como segue:

Figura 10 – Categoria C



Fonte – Arquivo Projectação

- a) Região 8 (passarela de ligação) - estado crítico devido a problemas de flambagem de barras, corrosão de parafusos e barras de aço, empenamento de ligações, inviabilizando economicamente um reforço ou recuperação estrutural (Figura 11).

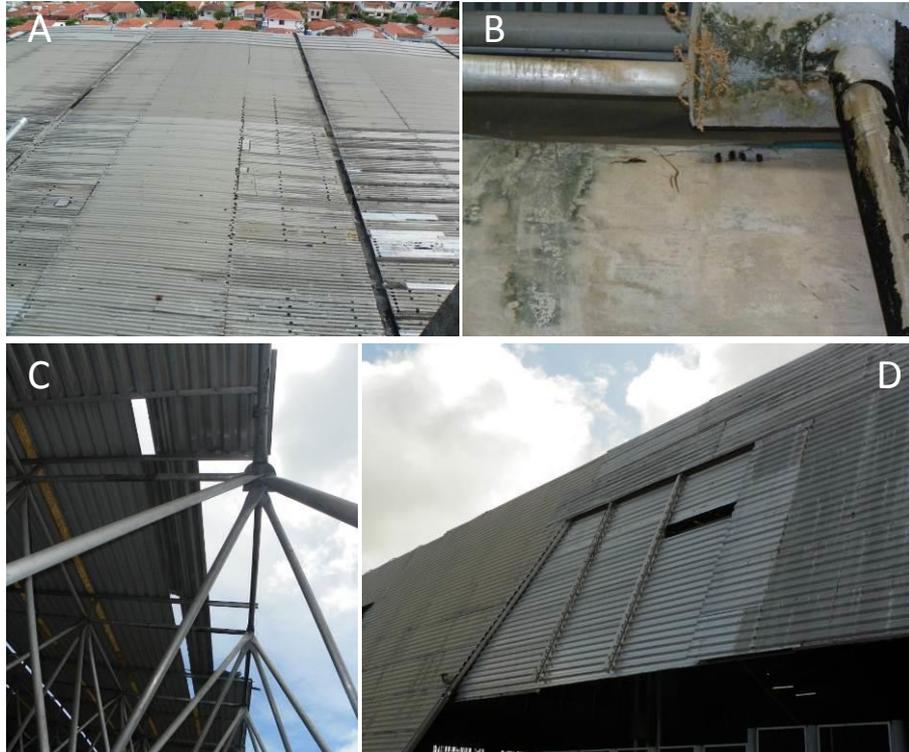
Figura 11 – Região 8 (passarela de ligação), categoria C



Fonte – Arquivo Projectação

- b) Telhamento, calhas e rufos – Há placas translúcidas ressecadas (Figura 10B), vários tipos de telha (de alumínio e galvalume, sanduíche ou simples, Figura 12A), infiltrações em vários pontos do telhamento e dos rufos, pouca inclinação da cobertura (cerca de 2.3%), destelhamentos (Figuras 12C e 12D) e dimensões insuficientes das calhas (Figura 12B).

Figura 12 – Telhamento e calhas, categoria C



Fonte – Arquivo Projectação

- c) Tubos de alumínio e chapas desnecessários (Figura 13)- região 1 (mezanino sul).

Figura 13 - Tubos desnecessários



Fonte – Arquivo Projectação

- d) Situações de corrosão por contato entre metais (galvânica) - contato direto entre elementos em aço e alumínio como presilhas/apoio em aço para

eletrocalhas, tubulações, luminárias e antenas, chapas de ligação dos vidros dos mezaninos, eletrocalhas em aço, pilares em aço, ligações da estrutura de cobertura com a estrutura de fechamento, telhas galvalume apoiadas diretamente sobre as terças em alumínio (Figura 14).

Este tipo de patologia, manifestado como corrosão branca em peças galvanizadas, foi também verificado pela empresa Projeto Alpha quando da vistoria da cobertura do Centro de Convenções Anhembi em 2009 [11].

Figura 14 – Contato de metais diferentes (A- Tubos de aço em contato com tubo de alumínio; B- perfil de aço ligado na cobertura de alumínio)



Fonte – Arquivo Projectação

- e) Tirantes e conexões dos tubos de queda de água (Figura 15)- estado de corrosão avançado.
- f) Sujeira e fuligem nas regiões com fôrro e nas ligações da estrutura (Figuras 15, 10A e 10D). Estas absorvem umidade do ar e induzem corrosão.

Figura 15 – Tubos de água e sujeira na estrutura



Fonte – Arquivo Projectação

- g) Árvores em contato com a estrutura de cobertura (Figuras 16 e 10C).
- h) Chapas deformadas e enterradas nas bases dos pilares em aço (Figura 16), especialmente nos pilares externos da região 5 (teatro de arena) - Esse

\* Contribuição tecnocientífica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

tipo de deformação deve estar relacionada à maior sobrecarga nesta região.

Figura 16 – Árvores em contato com a estrutura e chapas deformadas



Fonte – Arquivo Projectação

- i) Região de cobertura com perfis e seções diferentes da estrutura em geral na região 7.
- j) Mudança generalizada de coloração dos tubos em alumínio indicando início de corrosão (perda da película de óxido protetora).

### 3.5 Medição de deformações

As deformações da cobertura central (regiões 5 e 6) são medidas a cada 10m com o auxílio de trena a laser e mangueira de nível, com o intuito de verificar possíveis deformações excessivas, especialmente na região acima do planetário.

## 4 ANÁLISE ESTRUTURAL

Um modelo tridimensional em elementos finitos de toda a estrutura de cobertura é elaborado (Figura 17) para verificar a sua estabilidade, segurança e deformabilidade. As cargas atuantes consideradas estão relacionadas na Tabela 1.

Tabela 1: Cargas atuantes na estrutura

Ações variáveis (Q)	Carga de sucção do vento (VN)	-50 kg/m <sup>2</sup>
	Sobrecarga (SC)	25 kg/m <sup>2</sup>
Ações permanentes (G)	Peso próprio da estrutura (PP)	7 kg/m <sup>2</sup>
	Peso próprio da telha existente (PA)	5 kg/m <sup>2</sup>

Fontes: NBR 6123[12] e NBR8800[13]

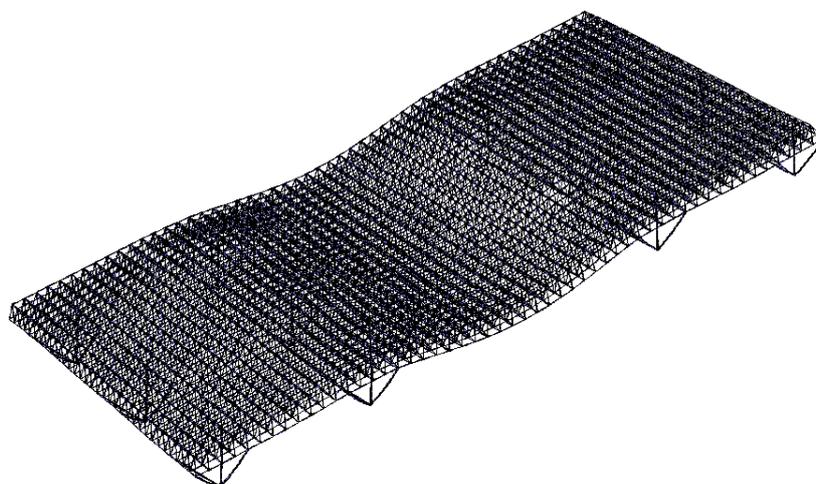
As combinações de carregamento consideradas são (NBR 8800[13]):

- a) Combinação frequente de serviço (ações permanentes desfavoráveis): 1,25PP+1,4PA+1,5SC.

\* Contribuição tecnológica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

- b) Combinação frequente de serviço (ações permanentes favoráveis): PP+PA+1,4VN.
- c) Combinação quase permanente de serviço: PP+PA+0,6SC.
- d) Combinação rara de serviço: PP+PA+VN.

Figura 1: Modelo tridimensional (deformado) em elementos finitos



Fonte – Arquivo Projectação

A capacidade resistente dos perfis em alumínio submetidos a esforços axiais de compressão e tração é obtida a partir das recomendações do *Eurocode 9* [14] e das propriedades físicas do alumínio e da liga 6351 T6 [10]. Os maiores esforços axiais são avaliados através do modelo em elementos finitos a partir de uma análise elástica linear. Os resultados, estudados por COUTINHO [15], estão listados na Tabela 2.

Tabela 2 - Esforços atuantes e resistentes dos perfis da treliça espacial

Diâmetro (mm)	Esforços de tração		Esforços de compressão	
	Força resistente	Força atuante	Força resistente	Força atuante
Ø140	263,40KN	224,48KN	248,44KN	195,39KN
Ø100	186,50KN	136,16KN	139,87KN	129,00KN
Ø75	93,57KN	60,35KN	74,43KN	59,39KN

Fonte: COUTINHO [15]

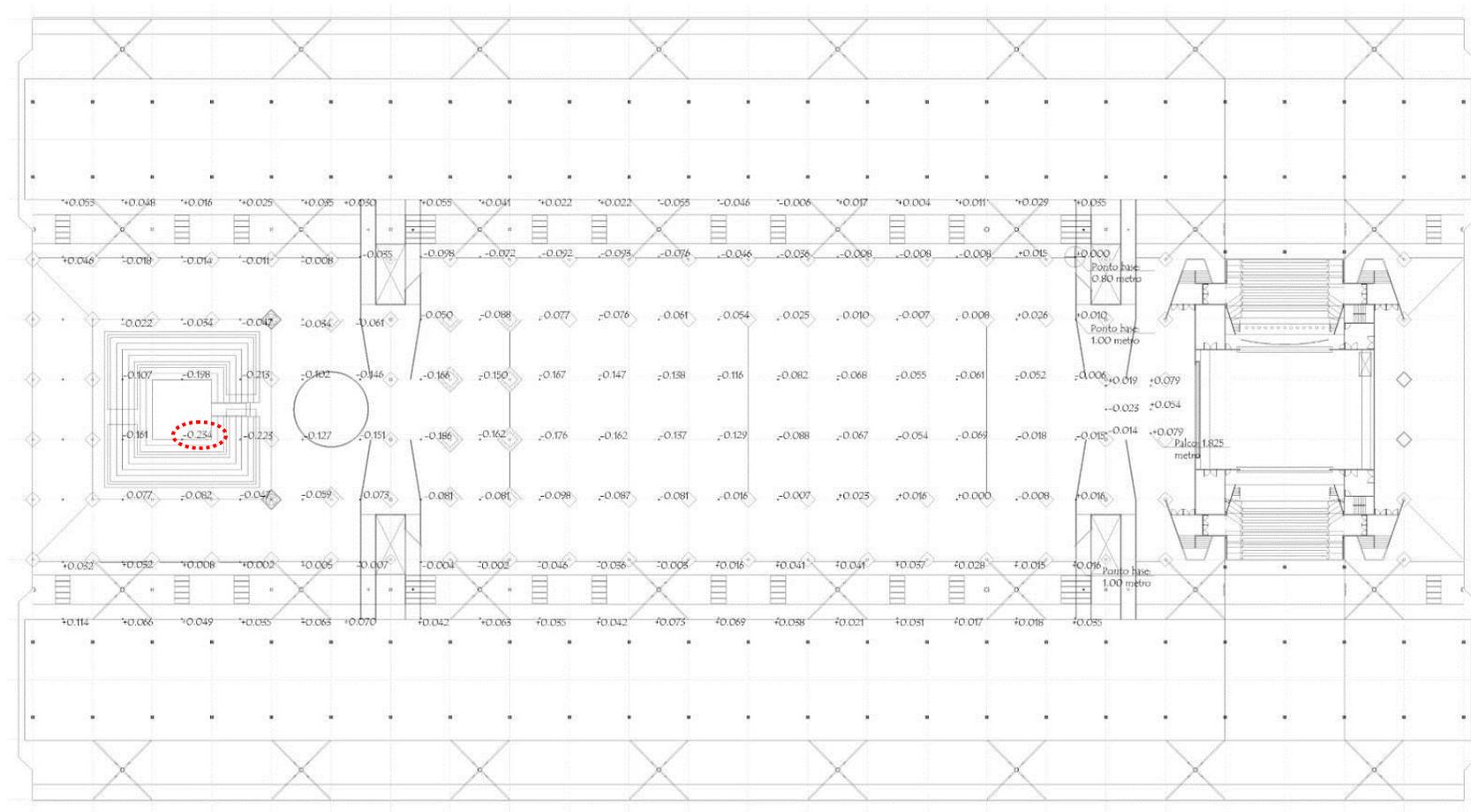
A capacidade resistente dos pilares-árvore em aço é baseada nas recomendações da NBR 8800[13] e os resultados são listados na Tabela 3.

Tabela 3 - Esforço máximo de compressão atuante e força resistente para pilares-árvores de aço

Diâmetro (mm)	Esforços de tração		Esforço de compressão	
	Força resistente	Força atuante	Força resistente	Força atuante
Ø200	956,82KN	549,71KN	499,76kN	490,51KN

O maior deslocamento verificado in loco é de 0,232m em relação ao ponto de apoio dos pilares-árvore e localizado nas proximidades do teatro de arena (Figura 18).

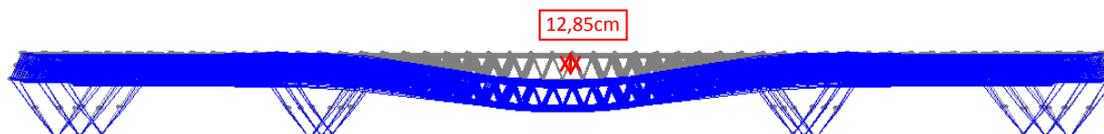
Figura 2 - Deformações verticais medidas *in loco* relativas ao nível dos pilares



Fonte – Arquivo Projectação

A deformação máxima obtida a partir do modelo estrutural na pior situação entre as combinações de serviço é de 0,1285m, localizada no meio do vão central da estrutura (Figura 19).

Figura 19 - Deformação teórica vertical máxima



Fonte – Arquivo Projectação

Segundo a NBR 8800[13] o máximo deslocamento vertical para vigas de cobertura é de  $L/250$ , o que equivale a  $60/250=0,24m$ . Portanto, verifica-se que a deformação medida *in loco* se aproxima bastante da flecha máxima permitida por norma.

Resumindo, a estrutura não suporta cargas superiores as existentes, já que a deformação observada *in loco* é similar à máxima permitida pela NBR 8800[13] e também porque os esforços atuantes estão próximos dos esforços resistentes. A grande diferença entre a deformação máxima teórica e a deformação máxima medida *in loco* se deve a dois fatores: a carga adicional não considerada na região 5 (teatro de arena, ver painéis em vermelho na Figura 5) e a folga verificada de muitos parafusos. Notar que a deformação medida *in loco* se aproxima da teórica em outros pontos (Figura 18) e que não se verifica a hipótese inicial de grande deformação acima do planetário.

A capacidade resistente das ligações também foi verificada levando em conta a não observância *in loco* de problemas de flexão localizada no amassamento dos perfis nos nós, que pode ser um modo de falha dominante da estrutura (SOUZA [5]) e também a verificação da capacidade resistente à tração e cisalhamento dos parafusos de ligação em aço.

## 5 PROCEDIMENTOS DE RECUPERAÇÃO E REABILITAÇÃO

A partir dos itens 3 e 4, procedimentos de recuperação e reabilitação são montados recuperar a integridade estética e estrutural da cobertura como segue:

### 5.1 Procedimento para elementos pintados de azul

- Apertar parafusos com folga.
- Limpeza mecânica de todos os parafusos e chapas da ligação.
- Aplicação de anti-corrosivo a base de ácidos inorgânicos em todos os parafusos e chapas da ligação.
- Galvanização a frio de todos os parafusos e pintura à base de epóxi (mínimo 50 microns) nas chapas de ligação.
- Pintura de acabamento de todos os parafusos e chapas da ligação com tinta à base de poliuretano acrílico alifático (mínimo 50 microns).

A Figura 20 ilustra uma base do pilar-árvore em aço antes e depois da recuperação.

\* Contribuição tecnológica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

Figura 20 – Base dos pilares árvores



Fonte – Arquivo Projectação

## 5.2 Procedimento para elementos pintados de vermelho

- Apertar parafusos com folga e acrescentar novos parafusos nos lugares em que estão faltando.
- Substituir parafusos (ASTM A-325) e chapas (ASTM A-36) marcados em vermelho por outros galvanizados à quente de mesmo diâmetro e espessura, respectivamente. Os novos parafusos e chapas são pintados após aplicação com tinta à base de resina epóxi (mínimo 50 microns).
- Pintura de acabamento em todos os parafusos, chapas da ligação e pilares com tinta à base de poliuretano acrílico alifático (mínimo 50 microns).

A Figura 21 ilustra uma ligação antes e depois da recuperação.

Figura 21 – Recuperação de ligação da cobertura



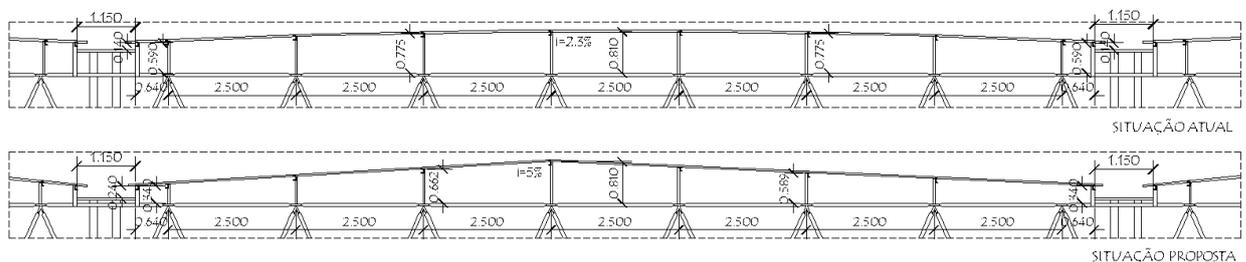
Fonte – Arquivo Projectação

### 5.3 Procedimentos para elementos especiais

Os procedimentos de recuperação e reabilitação dos pontos não marcados ou especiais são, respectivamente:

- Passarela de ligação- completa demolição da estrutura.
- Telhamento - substituição completa, incluindo calhas, rufos e alterando a sua inclinação conforme a Figura 22. A ordem de substituição sugerida é do centro para as bordas, não alterando assim a distribuição de esforços da estrutura (Figura 23). É importante notar que a nova telha deve ter peso igual ou inferior a telha existente ( $5 \text{ kg/m}^2$ , ver item 4) sendo necessário o desenvolvimento de uma telha termo-acústica em alumínio com enchimento em poliuretano específica para esta cobertura.

Figura 22 - Esquema de inclinação de telhas e calhas



Fonte – Arquivo Projectação

Figura 23 – Substituição de telhamento da cobertura



Fonte – Arquivo Projectação

- c) Tubos de alumínio desnecessários devem ser removidos por conter partes em aço, que podem induzir corrosão galvânica.
- d) Situações de corrosão por contato entre metais (galvânica)- em todos os casos deve-se utilizar fitas adesivas para evitar o contato entre metais, substituir por elementos em alumínio ou retirar os elementos em aço. No caso dos pilares-árvore em aço deve ser introduzida uma borracha sintética (neoprene) nas ligações com a estrutura de cobertura em alumínio.
- e) Tirantes e conexões dos tubos de queda de água- substituição de todos os tirantes e soquetes de conexão dos tubos de queda de água das calhas (Figura 24).

Figura 24 – Recuperação de tubos de queda



Fonte – Arquivo Projectação

- f) Sujeira e fuligem- limpar toda a estrutura (Figura 25).

Figura 25 – Limpeza e proteção da estrutura



Fonte – Arquivo Projectação

- g) Podagem de todas as árvores do entorno.  
h) Chapas deformadas e enterradas nas bases dos pilares em aço- monitoramento destas deformações de modo que uma possível intervenção seja realizada no futuro.  
i) Estrutura de cobertura com perfis - apesar de não haver problemas aparentes, é importante lembrar que não devem ser acrescentadas cargas nesta região.  
j) Mudança de coloração dos tubos em alumínio - proteger toda a estrutura com uma pintura à base de poliuretano acrílico alifático (Figuras 25 e 26).

Figura 26 – Estrutura após a recuperação



Fonte – Arquivo Projectação

## 6 CONCLUSÃO

O procedimento de retrofit descrito envolve uma vistoria preliminar, um mapeamento das regiões de interesse, uma medição das deformações in loco, uma avaliação estrutural criteriosa, uma identificação dos problemas detectados a partir de marcação com pintura dos elementos atingidos e a proposição de procedimentos de recuperação não destrutivos, exceto na região 8 (passarela de ligação). A hipótese inicial de grande deformação da estrutura não é confirmada, embora não tenha sido possível o aumento de cargas, conduzindo ao desejado retelhamento da coberta com uma telha termo-acústica de peso equivalente. O procedimento descrito, executado em 2014, mostra-se bastante eficaz e restabelece o estado de integridade original da estrutura já que foi executado em apenas 10 meses e não foi observada nenhuma anomalia ou problema construtivo/estrutural nas vistorias posteriores de verificação realizadas.

### Agradecimentos

A Projectação agradece a FUNESC, Consórcio COMPECC/Contémica e o Governo do Estado da Paraíba pela oportunidade de vistoriar e recuperar esta estrutura. Aos arquitetos Fábio Queiroz e Expedito Arruda, nosso agradecimento pelo levantamento e propostas arquitetônicas durante o processo de retrofit. Ao engenheiro Bernar Braga e o sr. Ramos Trajano pelo apoio durante o processo de vistoria.

### REFERÊNCIAS

- 1 SILVA, Elcio Gomes; MACEDO, Danilo Matoso. Estruturas metálicas no concreto de Brasília. Anais do IV Seminário docomomo\_sul. 2013.
- 2 VIEGAS, Fernando. Conjunto Nacional, de David Libeskind. Revista Arquitetura e Urbanismo. 2013; edição 237.
- 3 SOUZA, Arnaldo Nascimento de; MALITE, Maximiliano. Análise do projeto de estruturas metálicas espaciais: ênfase em coberturas. Cadernos de Engenharia de Estruturas. 2005; volume 7 (n. 27): 27-58.
- 4 FURTINI, Flávia Macedo. Estudo de cobertura para grandes vãos utilizando perfis tubulares. Ouro Preto: Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto; 2005.
- 5 SOUZA, Alex Sander Clemente. Análise teórica e experimental de treliças espaciais. São Carlos: Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo; 2003.
- 6 DAL´BÓ, Tânia Cristina Machado; SARTORTI, Artur Lenz. Falhas e Patologias nas Estruturas Metálicas. Anais do Construmetal 2012 (acesso em 10/04/2016). Disponível em <http://www.abcem.org.br/construmetal/2012>.
- 7 COSTA, Fábio Gomes da. Manutenção das estruturas metálicas com a utilização dos ensaios não destrutivos. Anais do Construmetal 2012 (acesso em 10/04/2016). Disponível em <http://www.abcem.org.br/construmetal/2012>.
- 8 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 5674 – Manutenção de Edificações - Procedimento. Rio de Janeiro; 1999.

---

\* Contribuição tecnológica ao **Construmetal 2016** – Congresso Latino-americano da Construção Metálica – 20 a 22 de setembro de 2016, São Paulo, SP, Brasil.

- 9 ROCHA, Germana; CABRAL, Sandro. Bernardes e Campello: Expressão Tectônica de Duas Gerações Modernistas em João Pessoa. Anais do 3o Seminário docomomo\_nne. 2010.
- 10 ALCOA. Ligas e Têmperas de Extrusão. 2010; Disponível em [https://www.alcoa.com/brasil/pt/resources/pdf/industria/catalogo\\_ligas\\_temperas\\_2010.pdf](https://www.alcoa.com/brasil/pt/resources/pdf/industria/catalogo_ligas_temperas_2010.pdf).
- 11 Projeto Alpha Engenharia de Estruturas. Laudo técnico estrutural da cobertura Anhembí; 2009.
- 12 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 6123 – Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro; 1988.
- 13 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 8800 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro; 2008.
- 14 European Committee for Standardization – Eurocode 9: Design of Aluminium Structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings; 2000.
- 15 COUTINHO, Priscila Aquino. O alumínio e o dimensionamento de treliças espaciais com elementos tubulares segundo o Eurocode 9. João Pessoa: Monografia (Graduação), Universidade Federal da Paraíba; 2016.