



## Estádio Maracanã



### ***MANUAL DE MANUTENÇÃO ESTRUTURA DA COBERTURA***

Revisão 2



<i>Projeto</i>	<b>Estádio Maracanã</b>
<i>Localização</i>	<b>Rio de Janeiro / Brasil</b>
<i>Conclusão</i>	<b>30. de Setembro de 2013</b>
<i>Cliente</i>	<b>Consórcio Maracanã</b>
<i>Proprietário</i>	<b>SEOBRAS/EMOP –</b> <b>GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO-RJ</b>
<i>Operador</i>	<b>COMPLEXO MARACANÃ DE ENTRETENIMENTO S/A</b>

*Projeto*



Schlaich Berge  
und Partner  
Beratende Ingenieure  
im Bauwesen

**schlaich bergemann  
und partner**

Consultores em engenharia  
estrutural

Schwabstrasse 43% B; 0197  
Stuttgart

sbp gmbh

Telefone + 49(711)64871-0  
fax + 49(711)64871-66

info@sbp.de  
<http://www.sbp.de>

Consultores em Engenharia  
Estrutural

Rua Afonso Braz 473 cjs.113-114  
CEP 04511-011 São Paulo

Telefone + 55(11)2691-0874  
saopaulo@sbp.de



*PESSOAS RELEVANTES PARA CONTATO EM CASO DE QUESTÕES RELEVANTES*

---

*PROPRIETÁRIO*

*OPERADOR*

*ENGENHEIRO DE ESTRUTURAS:*

Miriam Sayeg

sbp do Brasil projetos Ltda

Rua Afonso Braz 473 cjs.113-114

CEP 04511-011 São Paulo

+ 55(11) 98709-4868

saopaulo@sbp.de

*OUTROS:*

*N/A*



## CONTEÚDO

0.1	Observações relativas ao objeto e ao volume do manual.....	8
0.1.1	Objeto do manual de manutenção (MB) .....	8
0.1.2	Aplicação.....	8
0.1.3	Definição das partes envolvidas.....	8
0.1.4	Declaração .....	9
0.1.5	Como ler o manual de manutenção.....	9
1.1	Relações com os normas de construção do Brasil .....	9
1.2	Relação com o código VDI RiLi 6200 - Código de segurança estrutural de edifícios .....	11
1.3	Base para este manual de manutenção.....	11
2.1.1	Descrição geral da cobertura do estádio.....	13
2.1.2	Descrição geral do sistema estrutural.....	17
2.1.3	Descrição das partes da estrutura .....	23
2.1.4	Sumário dos elementos estruturais e desenhos de projeto relacionados .....	28
2.1.5	Classificação da estrutura de acordo com a norma EN 1090 / código VDI RiLi 6200...	35
3.1	Intervalos de inspeção.....	39
3.1.1	Supervisão (pelo funcionário de serviços gerais ou pelo inspetor) .....	39
3.1.2	Inspeção feita pelo especialista .....	39
3.1.3	Análise aprofundada feita por especialista .....	40
3.2	Requisitos para os inspetores.....	40
3.2.1	Nenhum conhecimento especial (funcionário de conservação) ou conhecimento geral estrutural (inspetor) .....	40
3.2.2	Conhecimento estrutural dos especialistas (projetista ou engenheiro estrutural especializado) .....	41
3.3	Escopo de inspeção.....	43
3.3.1	Supervisão.....	43
3.3.2	Inspeção.....	44
3.3.3	Análise aprofundada.....	45
3.4	Tipo de inspeção e volume vs. elemento estrutural .....	45
3.4.1	Tipos de inspeções.....	45
3.4.2	Volume e escopo de inspeções .....	46
3.4.3	Recomendações para a seleção de membros para a verificação .....	49
3.5	Nomes e subdivisão de elementos.....	50
3.6	Notas específicas para elementos estruturais selecionados.....	51
3.6.1	REMANESCENTES DA FASE DE CONSTRUÇÃO .....	51



3.6.2	IA-1 - PONTO DE BASE .....	52
3.6.3	I.A-2 - ANEL DE COMPRESSÃO .....	54
3.6.4	I.A-3 - MASTRO SUSPENSO .....	56
3.6.5	I.B-4 - PASSARELAS .....	57
3.6.6	IC-5 - PASSARELA INTERNA.....	59
3.6.7	IC-6 - ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PARA A VIDEO WALL.....	60
3.6.8	I.C-7 - SUBESTRUTURA FOTOVOLTAICA.....	61
3.6.9	I.C-8 - ESCADAS DE ACESSO .....	62
3.6.10	II.A-1,2,3 - CABOS DO ANEL DE TENSÃO .....	63
3.6.11	II.A-4, 5, 6, 7 – CABOS RADIAIS.....	65
3.6.12	II.A-8 - CABOS DE SUSPENSÃO .....	68
3.6.13	II.C-9 - CABOS DO VALE:.....	70
3.6.14	II.C-10 – CABOS TIE DOWN.....	72
3.6.15	III.A-1 - REVESTIMENTO DA MEMBRANA.....	73
3.6.16	III.B-2 - PONTO BAIXO DA MEMBRANA, FUNIL .....	75
3.6.17	III.B-3 - PONTO ALTO DA MEMBRANA, RETENTOR .....	77
3.7	Verificação de documentos.....	79
3.7.1	Listas de verificação .....	79
3.7.2	Protocolos de inspeção.....	79
3.7.3	Punch List.....	79
3.8	Condições limite .....	80
3.8.1	Protocolos de inspeção .....	80
3.8.2	Amostras de material .....	83
3.8.3	Certificados de materiais (consulte onde encontrar).....	83
3.8.4	Controle de qualidade (consulte onde encontrar).....	83
3.8.5	Documentação fotográfica (consulte onde encontrar).....	83
4.1	Modificações.....	84
4.2	Garantia.....	84
4.3	Proteção contra corrosão.....	84
4.4	Observações práticas.....	84
5.1	Desenhos estruturais.....	85
5.1.1	Desenhos gerais .....	86
5.1.2	Desenhos de elementos .....	86
5.2	Hipóteses de carga .....	87
5.2.1	Observações gerais.....	87



5.2.2	Carga permanente da estrutura primária - carga permanente do sistema .....	87
5.2.3	Cargas de evento .....	91
5.2.4	Cargas térmicas .....	93
5.2.5	Cargas acidentais .....	97
5.2.6	Cargas de vento .....	100
6.1	Documentação de supervisão .....	111
6.2	Documentação de inspeção .....	113



## REFERÊNCIAS

---

*NBR 5674*

*NBR 14037*

*VDI 6200*

## LIGAÇÕES

---

### Os seguintes documentos já estão em posse do cliente:

- dados de inspeção geométrica da estrutura concluída - elaborado pelo cliente;
- conjunto completo de desenhos de fabricação para a estrutura de aço da cobertura, incluindo todos os comentários do projetista - elaborados pelos executores
- conjunto completo de documentos da proposta (elaborados pela sbp), que incluiu:
  - cálculos estruturais, incluindo relatórios estruturais da estrutura de aço da cobertura e respectivos anexos (por exemplo, relatórios de especialistas como testes de túnel de vento);
  - conjunto completo de desenhos estruturais da estrutura da cobertura e estrutura de cabos;
  - especificações técnicas;
- documentação de garantia de qualidade (QA) entregue pelos executores, incluindo testes próprios e de terceiros, certificados de materiais, resultados de inspeção e outros

### outros:

- exemplos de documentação de inspeção são fornecidos na p.6



## 0 Observações gerais

### 0.1 Observações relativas ao objeto e ao volume do manual

Este documento contém as informações necessárias para assegurar a manutenção adequada da estrutura da cobertura do Estádio Maracanã, no Rio de Janeiro, Brasil, ao longo de sua vida útil planejada.

Este trabalho é realizado em nome do Consórcio Maracanã.

#### 0.1.1 *Objeto do manual de manutenção (MB)*

O objeto do manual de manutenção (MB) é a definição de requisitos relativos à manutenção da estrutura da cobertura do Estádio Maracanã, no Rio de Janeiro, Brasil.

#### 0.1.2 *Aplicação*

O manual de manutenção deve servir como guia e referência em todas as inspeções técnicas a serem realizadas no Estádio Maracanã, no Rio de Janeiro, ao longo de sua vida útil planejada.

Escopo

O escopo descrito está relacionado com o sistema estrutural da cobertura do Estádio Maracanã, no Rio de Janeiro.

Este manual de manutenção corresponde à estrutura de membrana, cabos e aço da cobertura.

Não obstante, requisitos básicos são fornecidos com relação aos pontos de base da cobertura com interface com as estruturas de concreto, com relação às instalações de drenagem de água e de aterramento, bem como a estética geral da construção.

#### 0.1.3 *Definição das partes envolvidas*

Se não especificado de outra forma detalhada, o seguinte glossário é aplicável:

Cliente = Solicitante	= Consórcio Maracanã
Proprietário	= Proprietário do estádio, SEOBRAS/EMOP - GOVERNO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO-RJ
Operador	= Individualmente responsável pela inspeção técnica ou responsável pela contratação dos respectivos profissionais qualificados para realizar a inspeção técnica, fiscalização e análise aprofundada, COMPLEXO MARACANÃ DE ENTRETENIMENTO S/A.
Engenheiro	= projetista de sistema estrutural da cobertura do Estádio Maracanã, Schlaich Bergermann und Partner.
Verificador / Checker	= engenheiro que verifica se o projeto original está correto, bem como o cumprimento dos requisitos de construção no Brasil, Nelson Szilard Galgoul.



#### 0.1.4 *Declaração*

Levando em consideração que este documento foi preparado com o maior cuidado possível, entende-se que o requerente deverá procurar esclarecimentos junto ao cliente em caso de desencontro ou falta de informações.

O manual de manutenção deve ser revisto pelo cliente antes do início da atividade.

#### 0.1.5 *Como ler o manual de manutenção*

Há 2 cores que marcam o conteúdo do manual:

- preto indica questões descritivas e analíticas,
- azul indica questões práticas e recomendações.

Em caso de diferenças de interpretação do conteúdo deste documento, a versão em inglês é decisiva.

## 1 **Requisitos normativos e legais para a supervisão técnica**

O manual foi preparado com base em códigos e regulamentos técnicos relacionados para inspeções das estruturas. Antes de tudo, os regulamentos da legislação de construção civil do Brasil são citados e utilizados como base geral deste manual.

Como a estrutura da cobertura do Estádio do Maracanã é uma estrutura única não especificamente classificada pelos documentos técnicos relacionados, outras definições são dadas neste manual com base na manutenção e na inspeção de grandes estruturas de pontes com um único vão (e com elas relacionadas) e de acordo com os mais desenvolvidos regulamentos técnicos do Código de Segurança Estrutural DIN/VDI e com o as normas europeias.

- regulamentos gerais e detalhados sobre os inspetores e o escopo das respectivas inspeções técnicas fornecidas pelo "Código alemão da segurança estrutural de edifícios e suas inspeções regulares VDI6200";

- regulamentos que tratam da manutenção técnica das estruturas de pontes como o princípio de funcionamento de conexões e elementos pré-tensionados relativos a estruturas usadas em pontes estaiadas.

### 1.1 **Relações com os normas de construção do Brasil**

Os requisitos relacionados com as questões de manutenção de construções são fornecidos nas normas

NBR 5674 e NBR 14037 e se aplicam ao Estádio Maracanã.

Alguns requisitos básicos podem ser especificados da seguinte forma:

- **a) obrigações**

O proprietário do edifício ou a empresa delegada é responsável pela realização das inspeções técnicas.



Somente pessoas qualificadas em posse de direitos profissionais em determinados campos podem realizar a inspeção técnica.

#### OBSERVAÇÃO:

Seguindo este princípio geral, as habilidades necessárias para as inspeções individuais são especificados no ponto 3.2.

A parte responsável pela realização das inspeções técnicas também é responsável pelo planejamento dos serviços de manutenção.

A parte responsável pela realização das inspeções técnicas deve instalar uma gestão interna de qualidade para o sistema de manutenção.

A parte responsável pela realização das inspeções técnicas é obrigada a fornecer imediatamente relatórios abrangentes de inspeção e manter os registros/documentação no "Manual de Construção". Em caso de perda de desempenho, esses relatórios devem indicar o grau de urgência para a manutenção do respectivo componente:

- serviços de emergência que requerem atenção imediata
- serviços a serem incluídos no programa normal de manutenção

A parte responsável é obrigada a aconselhar e informar o Proprietário/Operador sobre todos os aspectos relativos à manutenção, não só tecnicamente, mas também com relação a aspectos financeiros .

A parte responsável é obrigada a controlar/supervisionar todos os serviços de manutenção iniciados após resultados da inspeção e confirmar a execução correta.

- **b) escopo**

O objetivo da manutenção é preservar e restaurar as condições ambientais apropriadas para o uso a que se destina o Edifício.

A manutenção de Edifícios inclui todos os serviços a fim de prevenir ou corrigir a perda de desempenho devido à deterioração dos seus componentes.

- **c) intervalos de inspeção**

Levando em conta que a norma NBR 5674 não prevê normas específicas para a programação de inspeção, esta será baseada no código VDI RiLi 6200; veja abaixo.

- **d) armazenamento, coleta, registros**

O proprietário ou operador do edifício é obrigado a carregar e atualizar o chamado "manual de construção", contendo todas as informações relacionadas à manutenção, tais como (entre outras):

- queixas do usuário
- relatórios de inspeção
- coleção de normas necessárias/descrição de metodologia
- medidas de reparação (executadas e em circulação)
- etc.



## 1.2 Relação com o código VDI RiLi 6200 - Código de segurança estrutural de edifícios

Abaixo está o resumo das questões abrangidas pelo código alemão de "Segurança Estrutural de Edifícios - Inspeções Regulares" VDI RiLi 6200 e comparação de se seus requisitos com as normas brasileiras (quando aplicável).

Os capítulos de 1 a 5 tratam de requisitos gerais e serão resumidos a seguir, enquanto que os capítulos de 10 a 12, bem como anexos de A a D cobrem as inspeções detalhadas e servirão como referência em outros capítulos do Manual de Manutenção.

No capítulo 2 do VDI6200, está disponível uma organização de documentos de controle e manutenção similar ao especificado pelas normas brasileiras:

- Documentação de segurança estrutural de edifício (livro de registros do proprietário) - corresponde ao manual de construção;
- Livro de registros de segurança estrutural - corresponde ao relatório de inspeção técnica.

No capítulo 3, estão disponíveis requisitos similares relacionados à responsabilidade de manutenção como especificado pelas normas brasileiras: proprietário do edifício ou seu representante.

O proprietário deve empregar engenheiros devidamente qualificados para a inspeção e manutenção regulares.

No capítulo 5, são recomendados os intervalos de inspeção regular, dependendo da classe de consequências (CC), que tem de ser determinada para cada estrutura (ver requisitos de PN-EN-1990).

Os capítulos 10, 11 e 12 fornecem orientação detalhada para os métodos de inspeção, requisitos para os inspetores e instruções para a visualização pelo proprietário ou representante autorizado.

## 1.3 Base para este manual de manutenção

Este manual de manutenção foi compilado a partir das duas normas mencionadas, de forma a satisfazê-las a ambas, às exigências legais brasileiras aplicáveis e ao que há de mais desenvolvido tecnicamente.

- **Intervalos de inspeção**

Levando em conta que o código VDI 6200 fornece orientações mais específicas para intervalos de inspeção, eles são definidos a seguir:

Os edifícios, durante o seu período de exploração, devem ser submetidos às seguintes inspeções:

1. inspeção periódica, pelo menos 1 vez por ano, que consiste na inspeção da estrutura de sustentação (= todos os elementos estruturais) em busca de defeitos ou danos óbvios e documentação realcionada. Além disso, ainda com relação às condições estruturais, outras influências que poderiam ter impacto sobre a segurança estrutural também devem ser tidas em consideração (por exemplo, drenos defeituosos, incompatibilidades com a parte física do edifício, etc.).



2. inspeção periódica, pelo menos 1 vez a cada dois anos ou após eventos extraordinários (ver abaixo),\*) que consiste na inspeção visual da estrutura de sustentação (ver acima, 1) por um especialista e documentação relacionada. É geralmente desempenhada sem a utilização de equipamento técnico de teste.

3. análise periódica aprofundada, pelo menos uma vez a cada seis anos, que consiste na inspeção pormenorizada da estrutura de sustentação (ver acima, 1) por um especialista e documentação relacionada. Inclui elementos de difícil acesso e de difícil captação de amostras de material. A inspeção inclui uma avaliação de danos em relação à relevância para a segurança estrutural, o que pode exigir uma análise de segurança (cálculos estruturais, etc.).

)\* eventos extraordinários podem ser definidos da seguinte forma:

- relâmpago,
- ações sísmicas (terremoto),
- ventos fortes <sup>1)</sup>,
- precipitações intensas <sup>2)</sup>,
- deslocamentos do solo,
- incêndios e inundações,
- cargas fulminantes,

o que resulta em danos ao edifício ou ameaça direta de danos ao edifício que possam colocar em risco a vida ou a saúde humana ou a segurança das propriedades e do meio ambiente.

<sup>1)</sup>Ventos fortes - qualquer velocidade de vento superior a valores de 10 anos abaixo indicados - com base em premissas normativas de carga e resultados de testes em túnel de vento:

De acordo com a norma NBR 6123/1988, a velocidade de referência de rajada de vento em uma altura de 10 metros para um período de retorno de 50 anos é:

$$V_{ref,50(10m)} = 35 \text{ m/s}$$

De acordo com análise do teste em túnel de vento, a velocidade da rajada de vento na altura relacionada da superfície da cobertura (onde a velocidade do vento é medida) é estimada em:

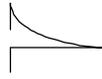
$$V_{p(39m)} = 42.9 \text{ m/s}$$

Para um período de retorno de 10 anos, 91% do vento de 50 anos devem ser considerados, o que nos leva ao valor:

$$V_{lim,10(39m)} = 39 \text{ m/s ( = 140 km/h)}$$

resp.

$$V_{lim,10(10m)} = 32 \text{ m/s ( = 115 km/h)}$$



<sup>2)</sup>Precipitação intensa = acúmulo de granizo em grande área > 5cm, permanecendo na superfície da cobertura

- **Qualificações para inspetores e especificações detalhadas para inspeções:**

O código VDI RiLi 6200 descreve mais especificamente os requisitos aplicáveis ao inspetor e às inspeções e será mantido como referência.

## 2 Objeto do manual de manutenção

### 2.1.1 Descrição geral da cobertura do estádio

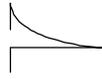
Para cobrir a área das arquibancas e assentos do Estádio do Maracanã, foi escolhida uma cobertura leve em membrana sobre cabos tensionados. Esta solução leve exibe um conceito arquitetônico atraente ao gerar um projeto estrutural característico e distinto.

O projeto da cobertura, o qual é baseado no princípio estrutural da roda raiada, é sustentado pelas 60 colunas de concreto da estrutura existente. A cobertura em si é autoportante, portanto são transmitidas forças predominantemente verticais para a estrutura de sustentação.

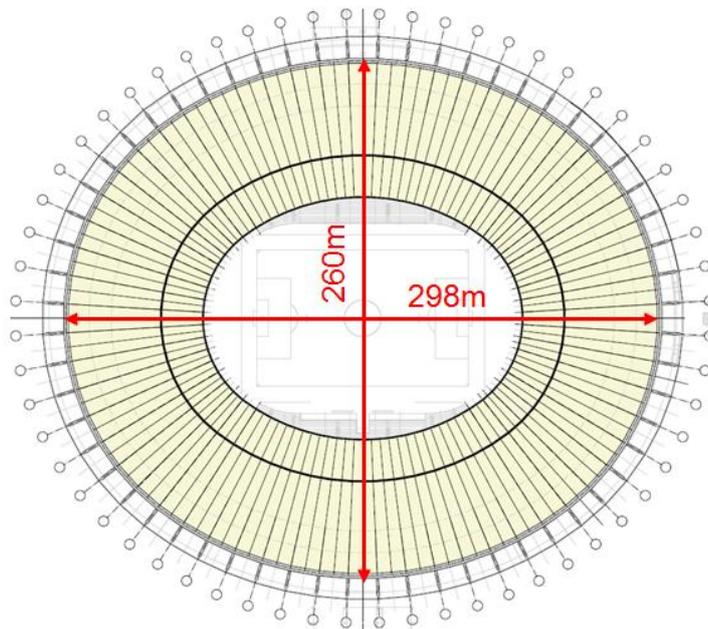
A dimensão global da estrutura da cobertura é de 295 m em direção longitudinal (norte-sul) e 258 m na direção transversal (leste-oeste). A altura máxima da borda interna da estrutura da cobertura em relação ao nível do solo é de cerca de 44 m.



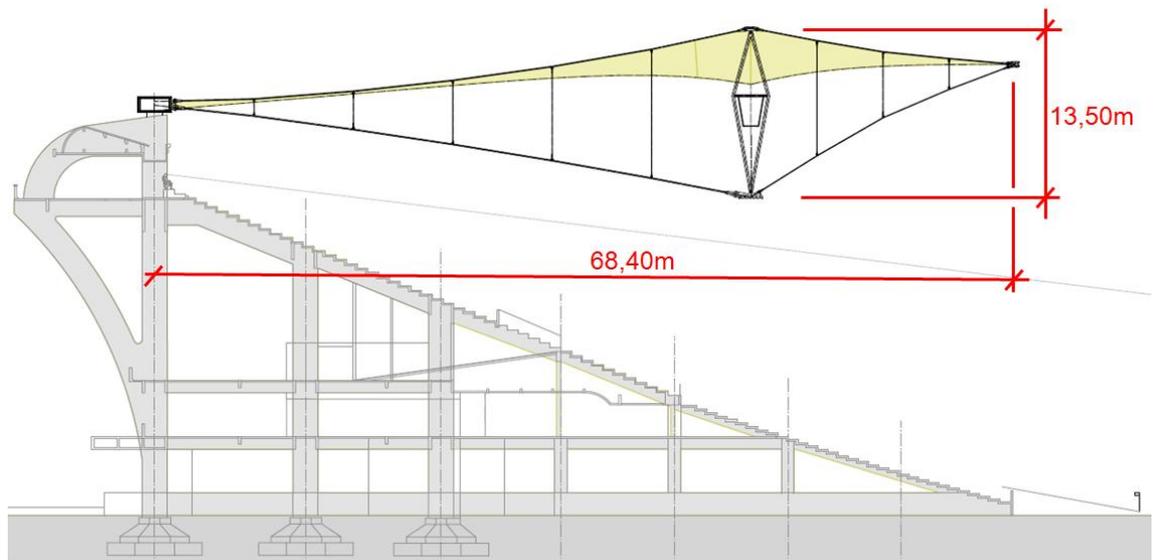
Cobertura do Estádio do Maracanã



Planta do Estádio do Maracanã

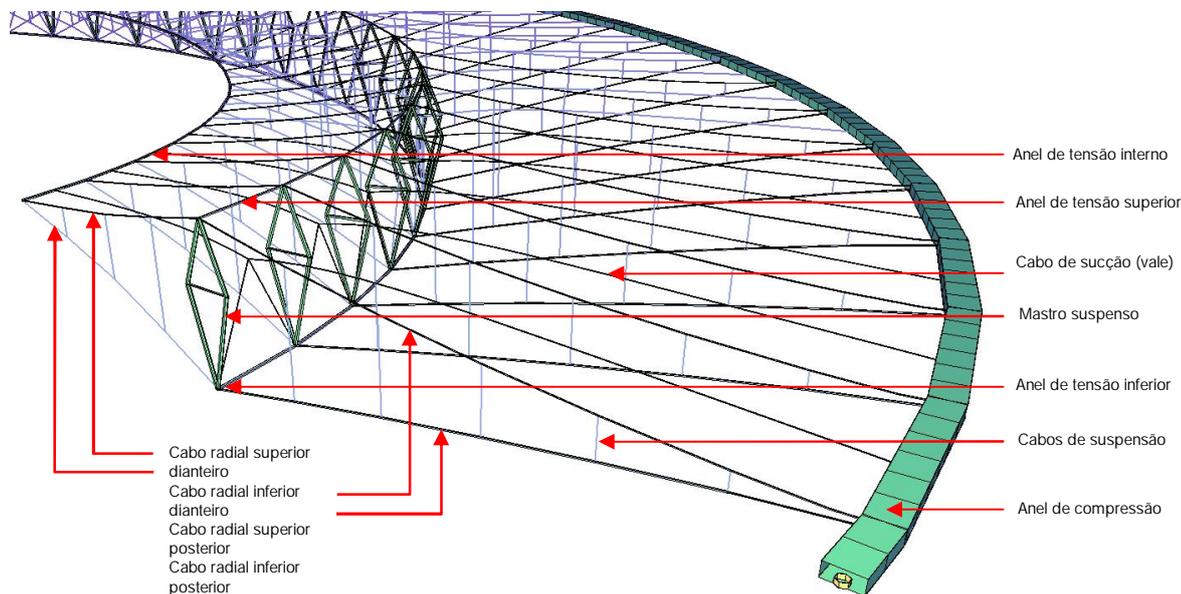


Seção da cobertura do Estádio





Os componentes que compõem a estrutura da cobertura de rede de cabos são indicados a seguir:



A estrutura principal da cobertura é constituída por um único anel de compressão e três anéis de tensão. Dois dos anéis de tensão encontram-se um sobre o outro e são separados por mastros suspensos. A passarela é pendurada a partir dos mastros suspensos. O terceiro anel de tensão está situado na extremidade interior do estádio. O anel de compressão e três anéis de tensão são interligados por cabos radiais dispostos, um cabo radial superior e um cabo radial mais baixo por eixo.

Os painéis de membrana se estendem entre os cabos radiais superiores adjacentes e são medianamente pressionados pelos cabos de sucção de vento (vale) a fim de criar uma forma ondulada na cobertura.

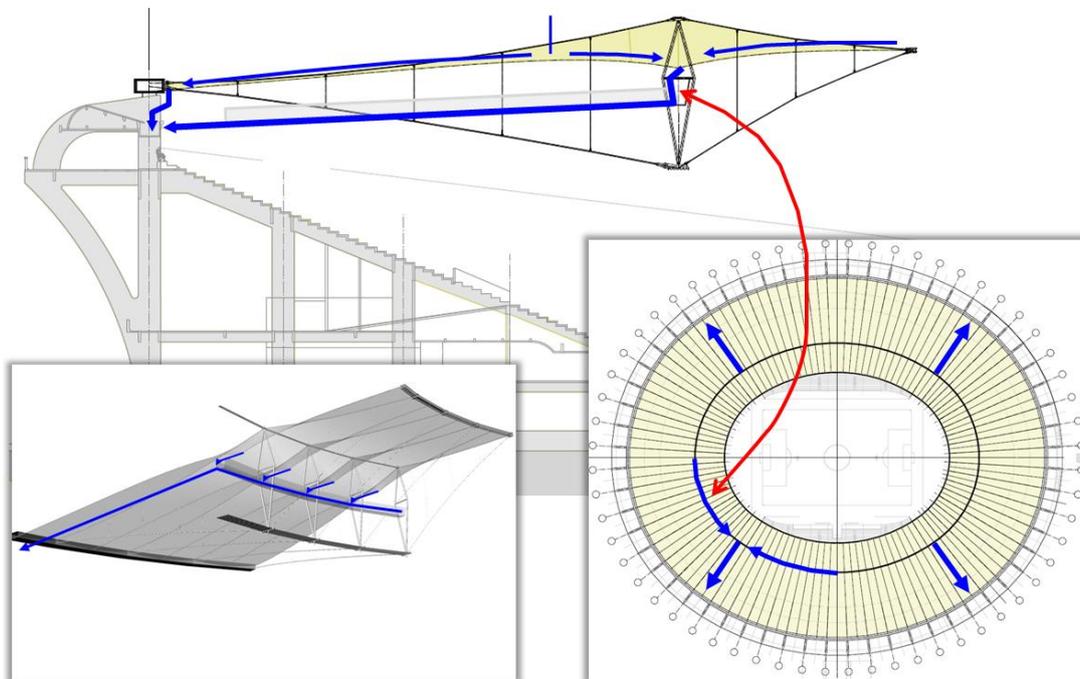


O cabo de sucção é puxado para baixo até o cabo do anel inferior por amarradores criando, portanto, um ponto baixo, onde a água da área frontal é coletada. A água que cai nas áreas

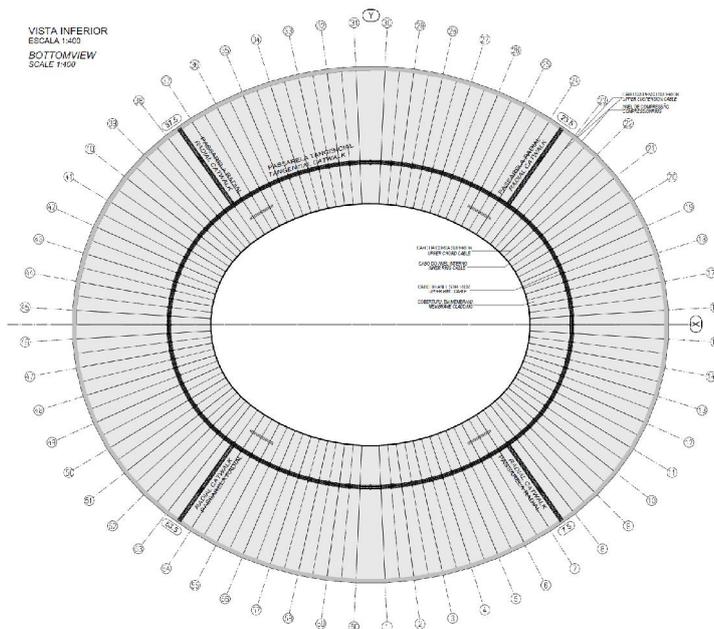


externas da cobertura naturalmente flui para as entradas, localizadas ao longo da borda exterior da superfície da cobertura.

A água coletada nos pontos baixos é transferida para a borda exterior do edifício através das passarelas.



A passarela tangencial está situada na linha de construção dos mastros suspensos. Além dos dutos de drenagem de água, ela carrega todo o sistema de sonorização, partes dos holofotes, iluminação da tribuna, câmeras, etc., bem como o cabeamento, quadros e painéis dos equipamentos mencionados. 4 passarelas radiais fornecem acesso e conexão às passarelas tangenciais, estão localizadas em linhas de grade de 7,5, 23,5, 37,5, 53,5.





Outra passarela tangencial está localizada na parte superior do anel de cabos interno. Ela carrega a segunda parte dos holofotes. O acesso à parte interior da cobertura acontece através da membrana. A aba de fechamento da membrana acima dos cabos de vale em linhas de eixos 7,5, 23,5, 37,5, e 53,5 permite o acesso a partir do anel de compressão. Este último pode ser alcançado através das escadas embaixo, que estão localizadas nas mesmas linhas de eixos acima mencionadas.

Painéis fotovoltaicos estão situados ao longo da borda externa da cobertura. Eles são fixados a uma subestrutura gradeada de aço na parte superior do anel de compressão, em balanço para dentro e para fora. Grades de piso no centro fornecem o acesso para todos os lados.

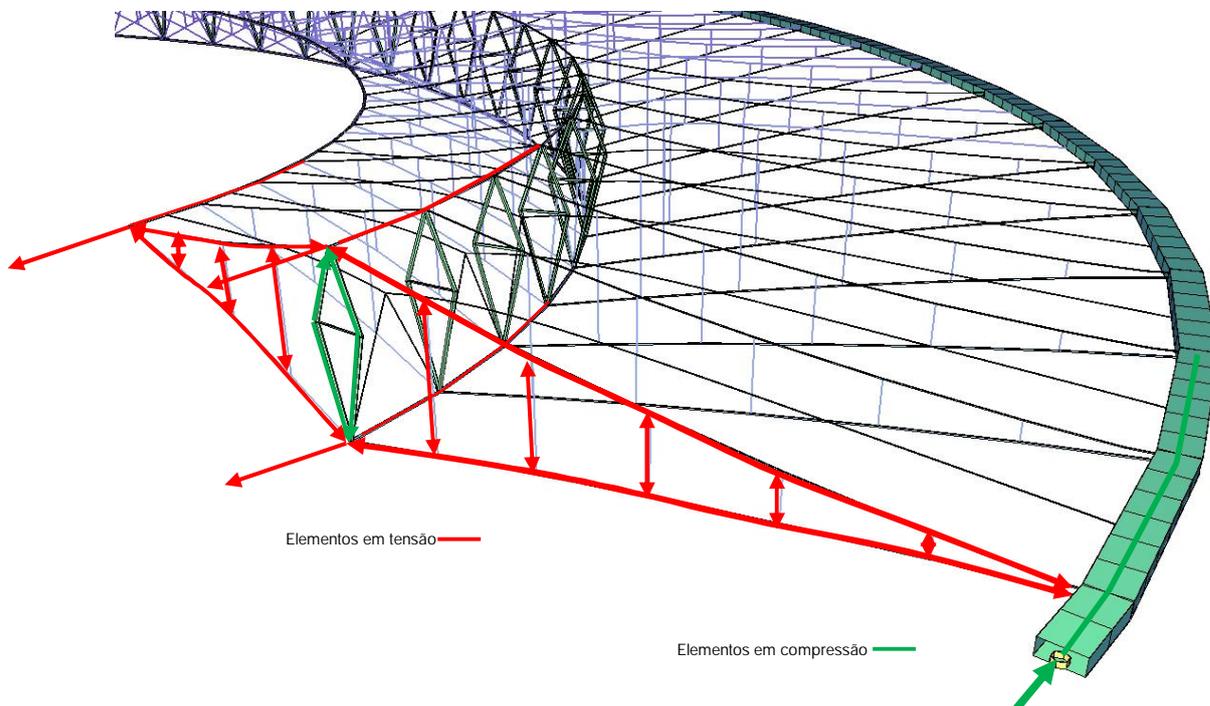
OBSERVAÇÃO: Toda a área superior da cobertura (anel de compressão/PV, passarelas de membrana, passarela interna) só deve ser acessada com proteção contra quedas (mosquetão conectado às linhas de segurança).

Os quatro telões de vídeo estão suspensos a partir dos cabos frontais do anel inferior nos cantos da cobertura. Eles podem ser acessados através de pontes, que se estendem entre a subestrutura dos telões e a passarela tangencial.

## 2.1.2 Descrição geral do sistema estrutural

### 2.1.2.1 Estrutura de roda raiada

Uma rede de cabos pré-tensionados, constituída de 60 treliças de cabos e três anéis de cabos circunferenciais, está tensionada a um anel de compressão no perímetro exterior, seguindo o princípio estrutural de uma roda raiada. A camada de cabos superior constitui a estrutura de suporte para o revestimento de membrana, que é forçado em uma forma curva por cabos de sucção, que, por sua vez, passam pelo eixo médio de cada módulo.



As forças induzidas da cobertura são, por conseguinte, transmitidas a partir da membrana da cobertura para os cabos radiais e para o anel de compressão. Os cabos radiais inferiores



posteriores transportam as cargas induzidas pela gravidade, enquanto os cabos radiais superiores posteriores resistem a todas as forças de elevação.

As forças verticais são as que mais agem sobre a estrutura existente de suporte da cobertura, exceto em quatro locais, onde também forças horizontais na direção tangencial são transmitidas para a subestrutura (ver abaixo). Devido à limitação da capacidade de movimento radial dos aparelhos de apoio, forças horizontais menores na direção radial também agem sobre as cabeças das colunas.

Principais componentes da estrutura da cobertura

Material de revestimento: Membrana em fibra de vidro com PTFE (área aproximada de 49.600 m<sup>2</sup>)

Cabos: Cabos fully locked, diâmetro:

- cabo radial superior posterior: 65 (curvados) / 55 (retos) mm
- cabo radial inferior posterior: 95 / 85 mm
- cabo radial superior dianteiro: 60 / 55 mm
- cabo radial inferior dianteiro: 35 / 35 mm
- cabo de vale: 40 / 40 mm
- anel de tensão superior: 2 x 80 mm
- anel de tensão inferior: 6 x 110 mm
- anel de tensão interior: 6 x 85 mm

Cordoalhas em espiral, diâmetro

- cabos tie down: 20 mm
- contraventamento vertical da passarela: 25 mm
- contraventamento horizontal da passarela: 25 mm

Anel de compressão: seções caixão soldadas  
2,14 x 0,85 m, espessura da chapa 44,5 mm

Mastros suspensos: seções caixão soldadas  
0,30 x 0,22 m, espessura da chapa 9,5 - 22,5 mm

Passarelas: seções caixão em perfis laminados  
gaiola 100x100 mm, espessura da parede 5 - 12 mm  
corrimãos 60x60 mm, espessura da parede 4 mm

Estruturas de aço: S 355 resp. ASTM-A572 - 50

Parafusos: grau 8.8 ou 10.9, galvanizado a quente

Pinos: material 34 CrNiMo 6 (1,6582), galvanizado a quente

Fundições: G18 NiCrMo 3 6 (1.6759)



OBSERVAÇÃO:

- todas as presilhas de cabos (conectores do cabo do anel, braçadeiras dos pendurais, etc.) devem transferir forças de atrito. Assim, é obrigatório que

- todos os parafusos estejam devidamente pré-tensionados e
- as coberturas dos conectores NÃO estejam em contato



- todos os pinos devem ser fixados com tampas de pinos ou anéis de pressão, a fim de evitar o deslocamento. Todas as tampas de pinos devem se encaixar perfeitamente nos pinos e devem ser fixadas com parafusos (parafusos pré-tensionados e/ou fixados com lock-tite). Anéis de pressão não devem ser pré-tensionados devido a desajuste do anel e entalhe, mas devem estar livres para girar.



tampa



anel de pressão

2.1.2.2 *Aparelhos de apoio*

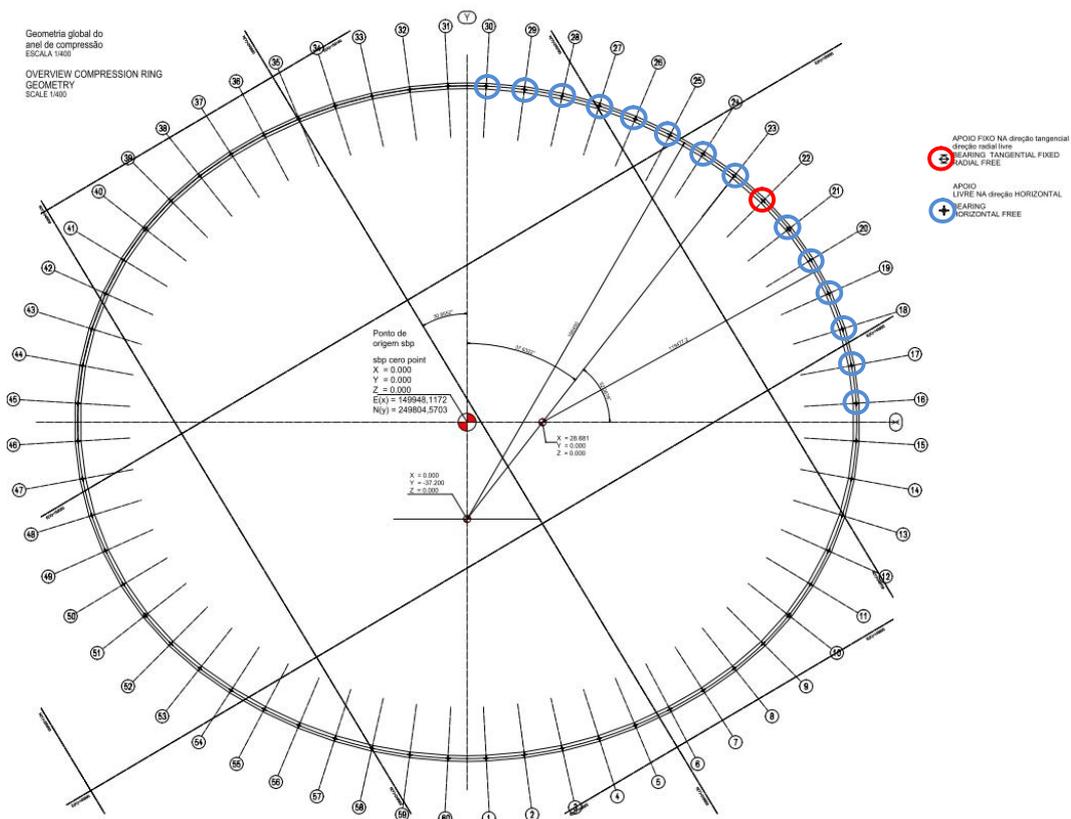
A cobertura é sustentada sobre aparelhos de apoio móveis incorporados na estrutura de concreto existente. Dois tipos de aparelhos de apoio móveis são usados na cobertura.

- 1) móvel em todas as direções horizontais com limitação de movimento radial (trava) em 300 milímetros = aparelho de apoio liberado
- 2) móvel somente na direção radial com limitação (trava) a 300 mm e fixo na direção tangencial = aparelho de apoio fixo.

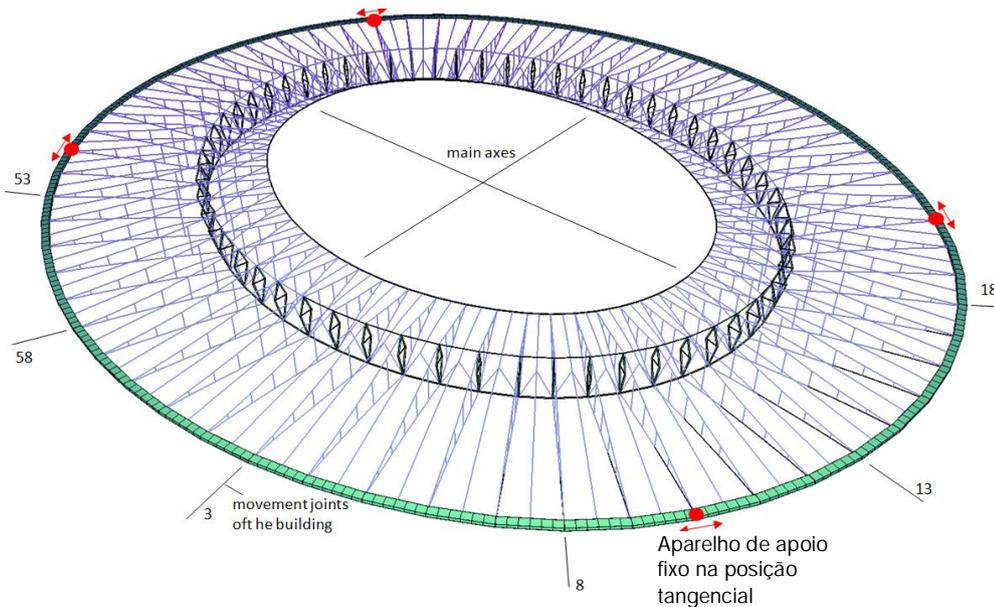
OBSERVAÇÃO: Todos os aparelhos de apoio são direcionados para o centro do campo (= direção radial), a direção tangencial é definida como perpendicular à direção radial

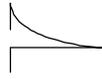


Localização dos aparelhos de apoio mostrados móveis por quadrante (duplamente simétrico)



Localização dos aparelhos de apoio fixos e juntas de dilatação do edifício de concreto:





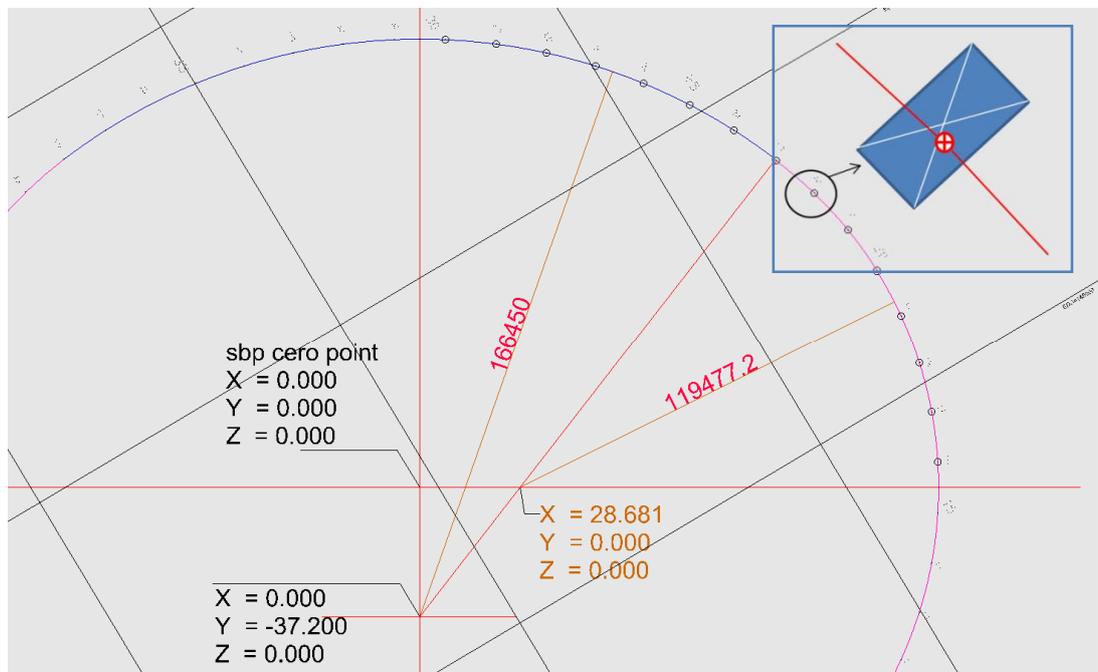
A localização exata da posição dos aparelhos de apoio do anel de compressão se baseia nas seguintes condições de contorno:

- Levantamento de 03 FEV 2011
- Anel de compressão e cobertura duplamente simétricos
- Geometria composta por dois raios, portanto, apenas dois comprimentos diferentes dos segmentos do anel de compressão.

Comprimentos homogêneos do anel de compressão dentro de um mesmo raio

Com base nestas condições de contorno, os pontos de sustentação não são posicionados exatamente no centro da coluna e são, por conseguinte, excêntricos à estrutura de sustentação de concreto (até 200 mm tangenciando o centro).

Visualização da locação excêntrica do aparelho de apoio na estrutura de sustentação de concreto



Os aparelhos de apoio devem permitir as seguintes cargas e deformações:



required ....		fixed bearing		released bearing	
		SLS	ULS	SLS	ULS
.. loading capacity [kN]	vertical downforce	1200	1750	1200	1750
	vertical uplift	-	-	-	-
	horizontal tangential	+ 1200	+ 1850	-	-
	horizontal radial )*	0	0	+ 50	+ 310
.. movement capacity [mm]	radial	+ 300	+ 300	+ 300	+ 300
	tangential	-	-	+ 200	+ 220
.. rotation capacity [°]	radial	+ 0,5	+ 0,6	+ 0,5	+ 0,6
	tangential	+ 2,0	+ 3,0	+ 2,0	+ 3,5
	vertical	+ 0,5	+ 0,5	+ 0,5	+ 0,5

OBSERVAÇÃO:

- SLS = Estado limite de Serviço (cargas características)
- ULS = Estado de limite Último (cargas de projeto)
- ULS é controlador para o projeto dos aparelhos de apoio
- não há forças de sucção agindo sobre os aparelhos de apoio
- \* cargas horizontais agem depois de atingir a trava; aparelhos de apoio fixos não atingem (não devem atingir)a trava

OBSERVAÇÃO:

Durante a inspeção dos aparelhos de apoio, os seguintes itens devem ser verificados:

- função de permissão de movimento (observação do movimento/marcas de deslizamento)
- estado das superfícies de deslizamento (camadas de aço inoxidável)
- estado da camada intermediária de PTFE
- estado geral



### 2.1.3 Descrição das partes da estrutura

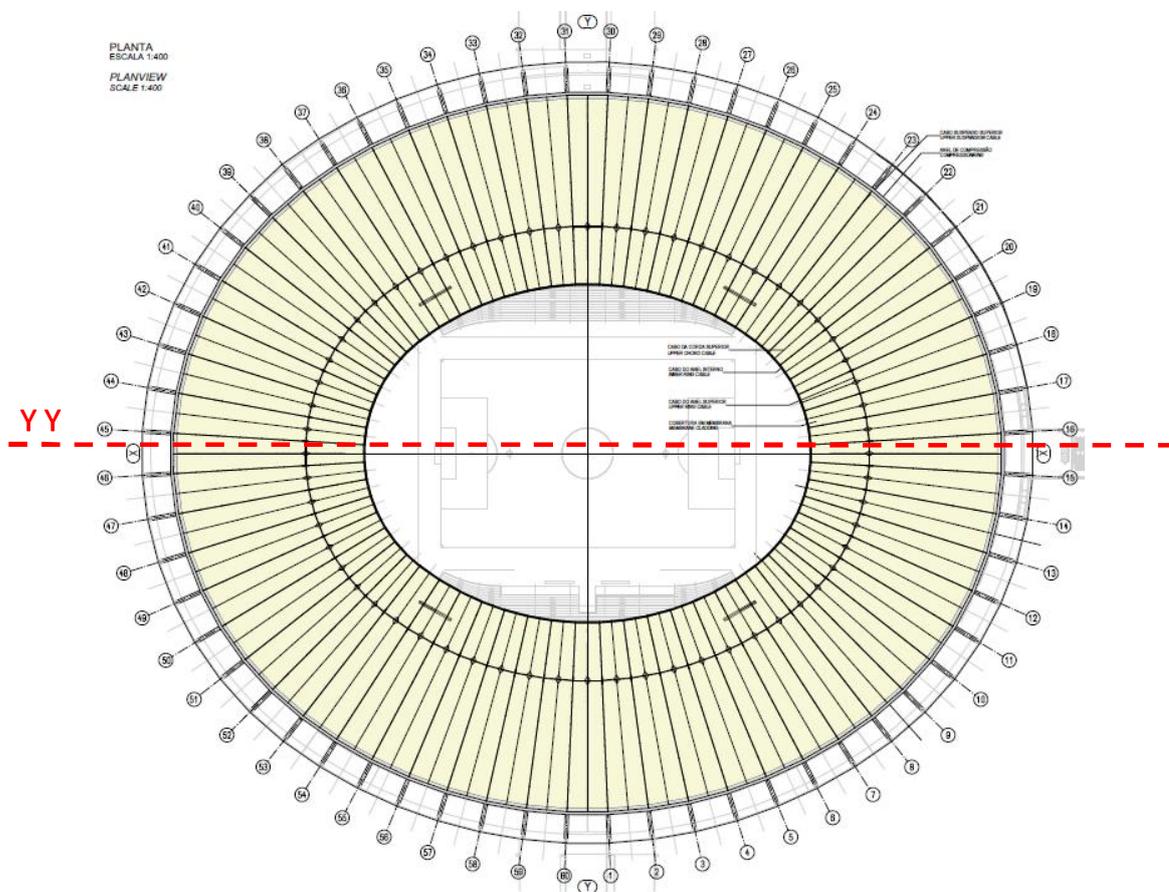
Segue abaixo a divisão geral e a divisão dos elementos estruturais primários e secundários.

Nas tabelas, cada elemento estrutural recebeu o seu número único, que será utilizado como referência ao descrever o escopo de inspeção técnica correspondente

Além disso, os elementos estruturais foram desmembrados em componentes para simplificar a compreensão da complexidade do sistema.

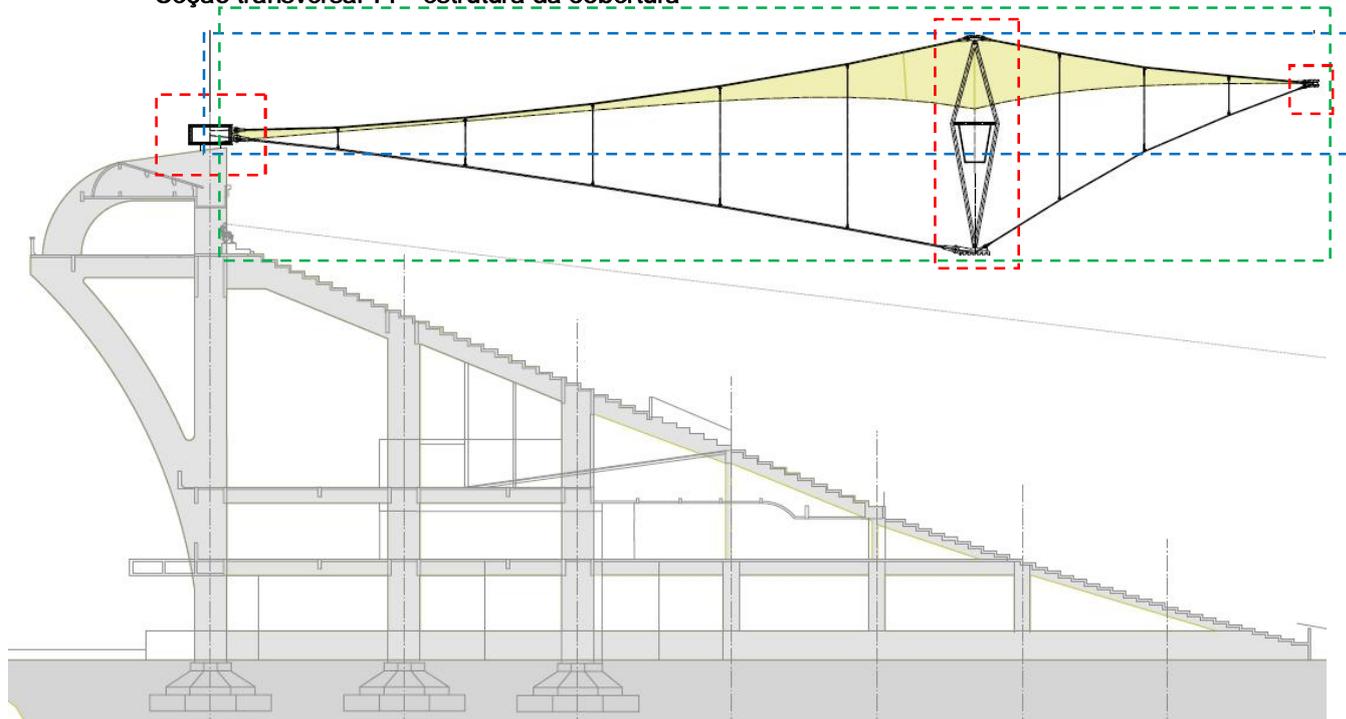
Números de desenhos gerais correspondentes também são fornecidos. Observem que os desenhos gerais servem apenas como uma referência descritiva e geral. Apenas desenhos de fabricação aprovados pela sbp devem servir de referência para inspeção técnica.

#### Planta - estrutura da cobertura





Seção transversal YY - estrutura da cobertura



Convenções de numeração para numeração dos elementos

O sistema estrutural principal foi subdividido nas seguintes partes:

- I. estrutura de aço da cobertura, □
- II. estrutura de cabos da cobertura, □
- III. estrutura de membrana da cobertura. □

O sistema de numeração dos elementos estruturais primários e secundários foi proposto, a fim de simplificar a compreensão e a orientação - essa numeração pode ser ainda utilizada durante a realização de inspeções técnicas:

X.Y-ZZ, onde:

X - uma das 3 principais partes do sistema estrutural (I,II,III);

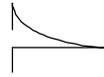
Y - importância estrutural de determinado elemento

(A) - elemento estrutural principal = elemento estrutural de RC1

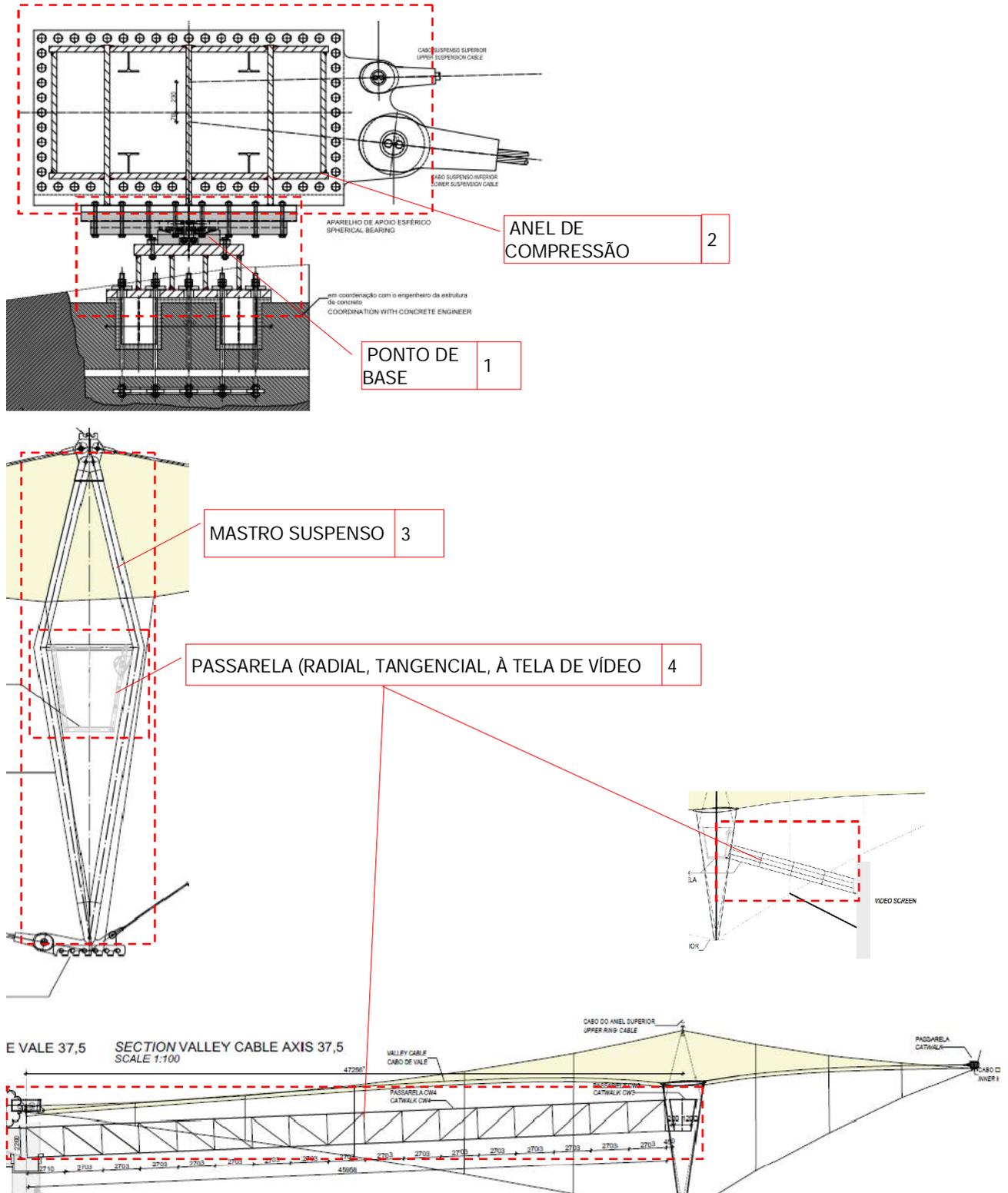
(B) - elemento estrutural primário = elemento de sustentação de carga primária da estrutura global

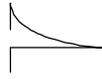
(C) - elemento estrutural secundário;

Z - indicação de determinado elemento estrutural nos desenhos gerais (1-99).

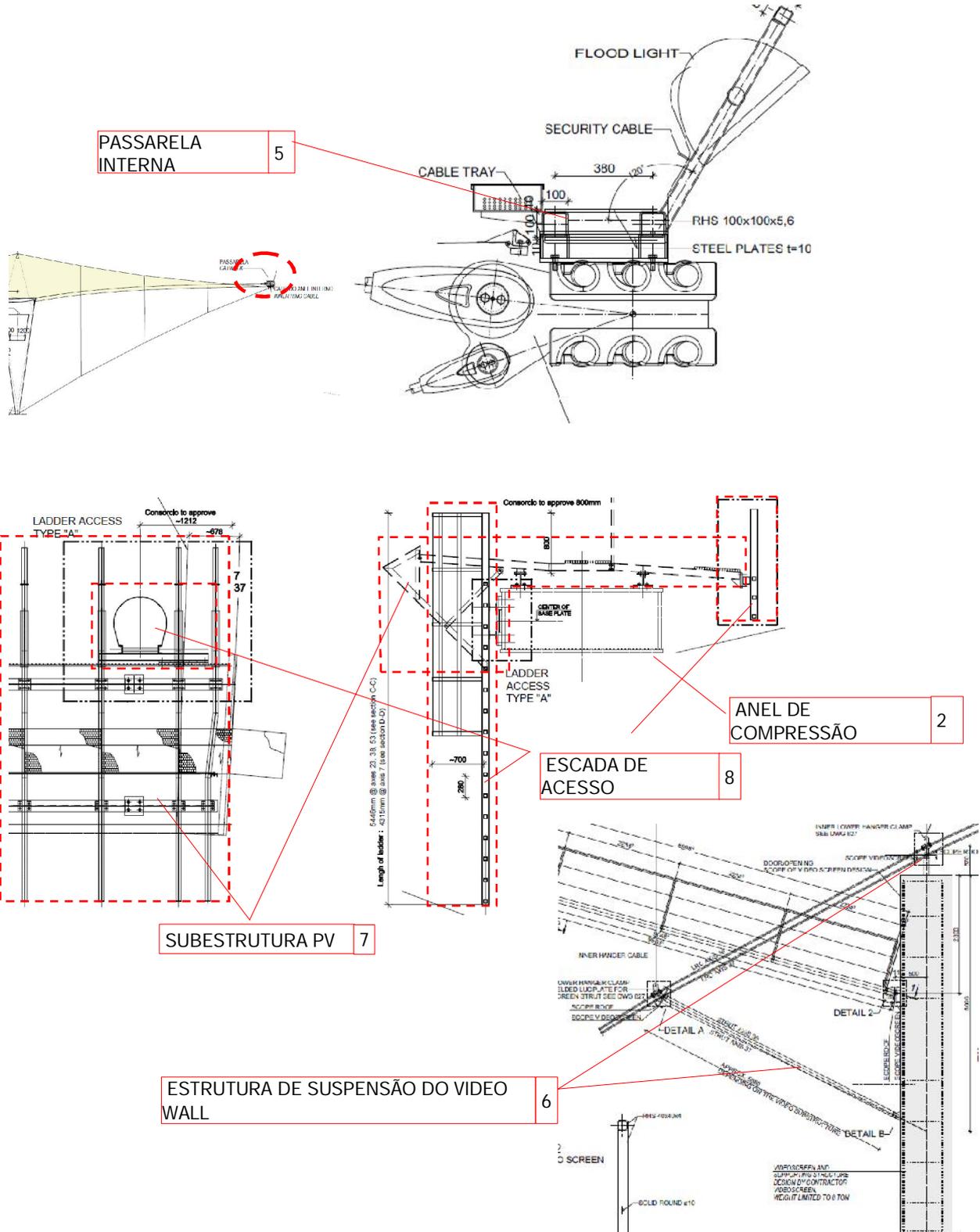


I-A / I-B. Estrutura de aço da cobertura - Elementos principais e primários



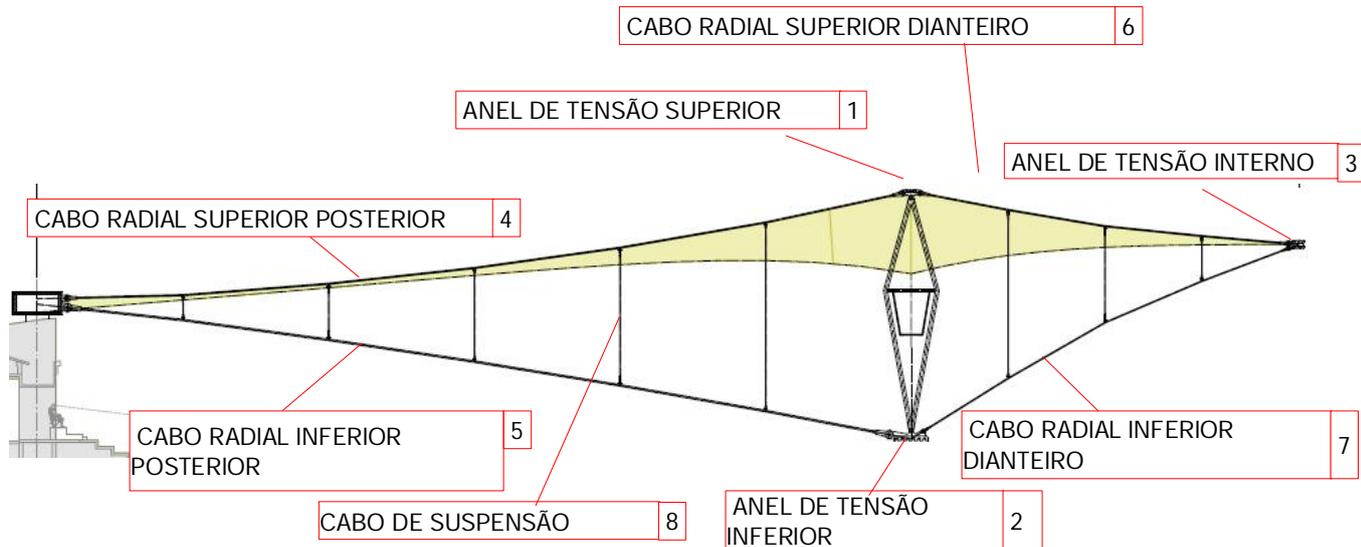


I-C.Estrutura de aço da cobertura - Elementos secundários

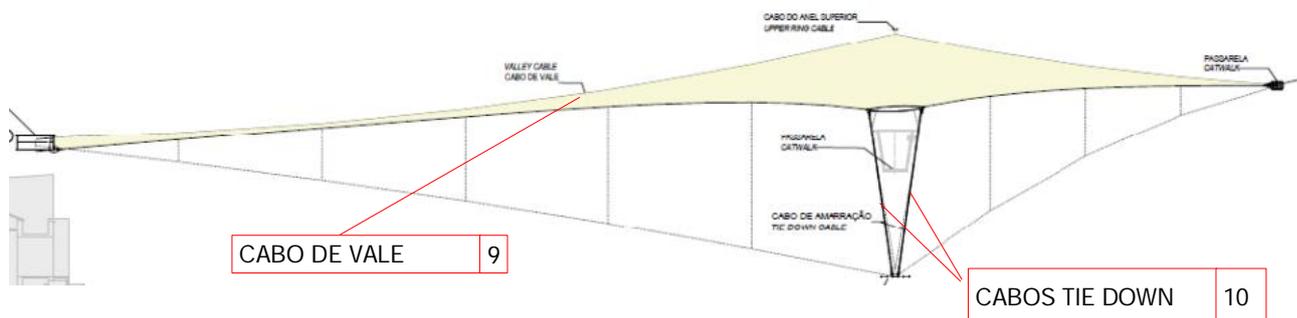




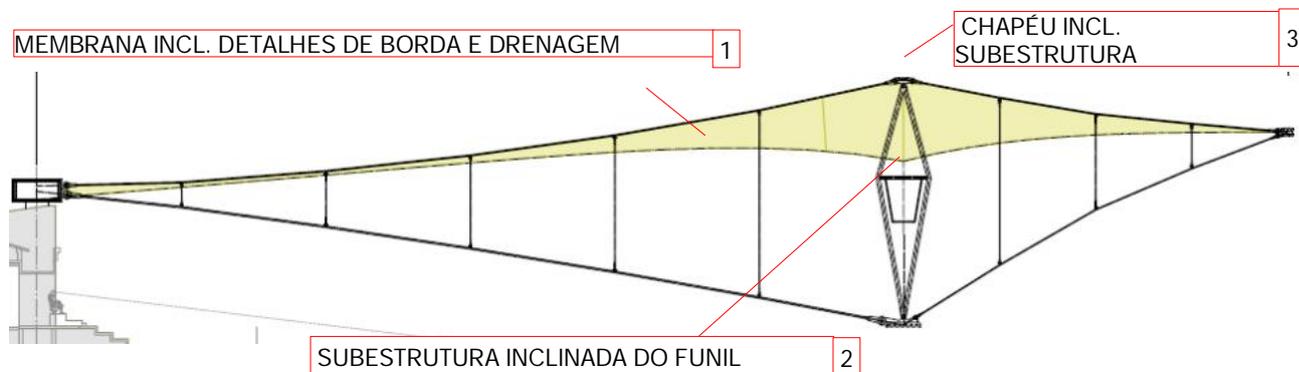
II-A / II-B. Estrutura de cabos da cobertura - Elementos estruturais principais e primários



II-C. Estrutura de cabos - Elementos estruturais secundários



III-A / III-B. Estrutura da membrana - Elementos principais e primários



2.1.4 *Sumário dos elementos estruturais e desenhos de projeto relacionados***I-A / I-B. Estrutura perimetral de sustentação da cobertura - Elementos principais e primários**

Parte da cobertura	No do elemento	Elemento estrutural principal/primário	Número dos desenhos gerais correspondente
I	A-1	<p>PONTO DE BASE/APARELHO DE APOIO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- cadeira aparelho, base do anel de compressão:</li> <li>chapas soldadas;</li> <li>- aparelho de apoio:</li> <li>parafusos superiores/inferiores, superfícies de aço inoxidável, PTFE;</li> <li>- Âncoras:</li> <li>barras roscadas, porcas, arruelas, tampas de proteção, graute</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 801 - Planta;</li> <li>- 802 - Seção típica;</li> <li>- 810/811 – Coordenadas;</li> <li>- 820 - Vista geral;</li> <li>- 821 - Detalhe, aparelho de apoio fixo;</li> <li>- 822 - Detalhe, aparelho de apoio móvel</li> </ul>
I	A-2	<p>ANEL DE COMPRESSÃO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- chapa frontal incluindo as chapas mestras e parafusos pré-tensionados;</li> <li>- chapas de conexão para cabo de vale;</li> <li>- chapas de conexão para passarela radial;</li> <li>- tubo de membrana incluindo chapas de conexão;</li> <li>- chapas de conexão para subestrutura dos fotovoltaicos;</li> <li>- chapas de conexão para aba de fechamento da membrana;</li> <li>- defletor de água da chuva;</li> <li>- conexões aparafusadas para tubos de drenagem de água</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 801 - Planta;</li> <li>- 802 - Seção típica;</li> <li>- 807 - Seções transversais;</li> <li>- 810/811 – Coordenadas;</li> <li>- 813 - Geometria de fabricação;</li> <li>- 819 - Detalhes do anel de compressão;</li> <li>- 820 - Vista geral;</li> <li>- 821 - Detalhe, aparelho de apoio fixo;</li> <li>- 822 - Detalhe, aparelho de apoio móvel</li> </ul>
I	A-3	<p>MASTRO SUSPENSO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- chapas soldadas;</li> <li>- junta superior e inferior para fundiidos,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 802 - Seção típica;</li> <li>- 806 - Vista inferior;</li> </ul>



		<p>pinos, tampas de pinos, parafusos;</p> <p>- chapa com olhal na conexão com a passarela</p>	<p>- 807 - Seções transversais;</p> <p>- 810/811 – Coordenadas;</p> <p>- 837 - Detalhes do mastro suspenso</p>
I	B-4	<p>PASSARELA:</p> <p>- viga-caixão feita de perfis soldados;</p> <p>- conexões para mastro suspenso, pinos, tampas de pinos, parafusos,</p> <p>- conexões para anel de compressão, pinos, tampas de pinos, parafusos, pêndulo de suspensão;</p> <p>- conexões entre acesso e passarela tangencial, pinos, tampas de pinos, parafusos, aparelho de apoio móvel;</p> <p>- conexões entre passarela tangencial e passarela de acesso para vídeo screen</p> <p>- conexões entre passarela de acesso para vídeo screen e a mesma</p> <p>- cabos de contraventamento, soquetes, pinos, tampas de pinos, parafusos;</p> <p>- fixações para equipamentos técnicos e eletrocalhas;</p> <p>- grade de piso</p>	<p>- 802 - Seção típica;</p> <p>- 806 - Vista inferior;</p> <p>- 807 - Seções transversais;</p> <p>- 812 - Passarela de acesso, vista geral,;</p> <p>- 850/851/852/853/854/856/858/859/869 - Detalhes da passarela;</p> <p>- 861/862/863/864/865/866/867 - Conexão de drenagem de água</p>

**I-C.Estrutura de aço da cobertura - Elementos secundários**

Parte da cobertura	Nº do elemento	Elemento estrutural secundário	Número do desenho de vista geral correspondente
I	C-5	<p>PASSARELA INTERNA:</p> <p>- estrutura soldada;</p> <p>- conexões para fundidos do anel de tensão, parafusos, porcas, arruelas, aparelhos de apoio deslizantes;</p> <p>- guarda-corpos, linha de vida;</p> <p>- fixações para equipamentos técnicos e eletrocalhas;</p>	<p>- 802 - Seção típica;</p> <p>- 857 - Detalhes da passarela interna;</p> <p>- 858 - Equipamento técnico</p>



		- grade de piso	
I	C-6	<p>ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PARA VIDEO WALL:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- tubos ajustáveis, chapas com olhais;</li> <li>- conexão com braçadeiras dos pendurais, pinos, tampas de pinos, parafusos;</li> <li>- conexão com telas de vídeo, pinos, tampas de pinos, parafusos;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 812 - Seção típica;</li> <li>- 869 - Detalhes da suspensão</li> </ul>
I	C-7	<p>SUBESTRUTURA DOS FOTOVOLTAICOS :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- estrutura soldada e aparafusada, parafusos, porcas, arruelas;</li> <li>- conexão aparafusada com o anel de compressão;</li> <li>- conexão aparafusada dos painéis fotovoltaicos;</li> <li>- revestimento, conexão aparafusada de revestimento;</li> <li>- grade de piso;</li> <li>- linha de vida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 001 - Vista geral dos elementos fotovoltaicos;</li> <li>- 002 - Vista geral dos elementos fotovoltaicos;</li> <li>- 003 - Detalhes da conexão dos fotovoltaicos;</li> <li>- 004 - Revestimento dos elementos fotovoltaicos</li> </ul>
I	C-8	<p>ESCADAS DE ACESSO:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- estrutura soldada;</li> <li>- conexão aparafusada ao anel de compressão;</li> <li>- conexão aparafusada da subestrutura dos fotovoltaicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 897 - Detalhes da escada de acesso,</li> <li>- 898 - Vista geral da escada de acesso</li> </ul>

#### II-A / II-B. Estrutura de cabos da cobertura - Elementos estruturais principais e primários

Parte da cobertura	Nº do elemento	Elemento estrutural principal/primário	Número do desenho de visão geral correspondente
II	A-1	<p>ANEL DE TENSÃO SUPERIOR</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- cabos do anel superior;</li> <li>- juntas de cabos;</li> <li>- conector de cabos do anel superior, soldado a partir de duas partes, incluindo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 801 - Planta;</li> <li>- 802 - Seção típica;</li> <li>- 808 - Vista geral dos cabos;</li> <li>- 809 - Soquetes de cabos;</li> </ul>



		braçadeiras e parafusos pré-tensionados, incl. conexão aos cabos radiais superiores e conexão com mastros suspensos	- 810/811 – Coordenadas; - 823/824/825/826 - Conectores de cabos do anel;  - 833/899 - Inspeção dos fundidos
II	A-2	ANEL DE TENSÃO INFERIOR - cabos do anel inferior; - juntas de cabos; - conector de cabos do anel inferior, incluindo braçadeiras e parafusos pré-tensionados, incl. conexão aos cabos radiais inferiores e conexão com mastros suspensos	
II	A-3	ANEL DE TENSÃO INTERNO - cabos do anel interno - juntas de cabos; - conectores de cabos do anel interno (cabos radiais + cabos de vale), com braçadeiras e parafusos pré-tensionados, incl. conexão com cabos radiais e conexão com passarela interna	
II	A-4	CABOS RADIAIS SUPERIORES POSTERIORES - cabos; - soquetes de cabos	- 801 - Planta; - 802 - Seção típica; - 808 - Vista geral dos cabos; - 809 - Soquetes de cabos;
II	A-5	CABOS RADIAIS INFERIORES POSTERIORES - cabos; - soquetes de cabos	- 810/811 – Coordenadas
II	A-6	CABOS RADIAIS SUPERIORES POSTERIORES - cabos; - soquetes de cabos	
II	A-7	CABOS RADIAIS INFERIORES DIANTEIROS - cabos; - soquetes de cabos	



II	A-8	<b>CABOS DE SUSPENSÃO:</b> - cabos; - soquetes de cabos; - braçadeiras do cabo de suspensão com parafusos pré-tensionados.	- 801 - Planta; - 802 - Seção típica; - 808 - Vista geral dos cabos; - 809 - Soquetes de cabos; - 810/811 – Coordenadas; - 827/828/829/830 - Braçadeiras do cabo de suspensão
----	-----	---	--

### II-C.Estrutura de cabos da cobertura- Elementos estruturais secundários

Parte da cobertura	Nº do elemento	Elemento estrutural secundário	Número do desenho de visão geral correspondente
II	C-9	<b>CABO DE VALE:</b> - cabos; - soquetes de cabos; - conexão por braçadeira ao funil	- 801 - Planta; - 804 - Seção típica; - 808 - Vista geral dos cabos; - 809 - Soquetes de cabos - 810/811 – Coordenadas; - 849 - Funil
II	C-10	<b>CABO DE AMARRAÇÃO</b> - cabos; - soquetes de cabos; - conexão ao funil; - conexão por braçadeira ao cabo do anel inferior, braçadeiras de cabos, parafusos pré-tensionados	- 801 - Planta; - 804 - Seção típica; - 808 - Vista geral dos cabos; - 809 - Soquetes de cabos - 810/811 – Coordenadas; - 831 - Braçadeira de amarração; - 849 - Funil

### III-A / III-B.Estrutura da membrana da cobertura - Elementos principais e primários

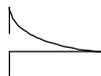
Parte da cobertura	Nº do elemento	Elemento estrutural secundário	Número do desenho de vista geral correspondente
--------------------	----------------	--------------------------------	---



II	A-1	<p>REVESTIMENTO DA MEMBRANA:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- membrana incl. reforços locais;</li> <li>- soldaduras;</li> <li>- pequenos colares ao redor dos cabos suspensos com todos os selantes e detalhes de fixação;</li> <li>- padrão de grampeamento da borda: perfil de fixação de alumínio, placas de conexão entre perfis de fixação, tiras e parafusos de aço inoxidável;</li> <li>- chapas de canto em pontos altos e baixos, incl. elementos na estrutura de aço;</li> <li>- chapas de ponte acima dos soquetes de cabos, conexões aparafusadas;</li> <li>- abas de fechamento incl. conexão ao anel de compressão;</li> <li>- drenagem de água na borda exterior;</li> <li>- drenagem de água no funil;</li> <li>- todas as juntas (parafusos pré-tensionados, soldas, pinos).</li> </ul>	<p>- 840/841/842/843/844/845/846/847 - Membrana, Membrana Detalhes</p>
II	B-2	<p>FUNIL:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- estrutura em aço inoxidável soldado;</li> <li>- conexão por braçadeira ao cabo do vale, coberturas de fixação, parafusos pré-tensionados</li> <li>- conexão articulada a cabos de amarração, tampas de pinos, parafusos,</li> <li>- tubos de drenagem de água</li> </ul>	<p>- 842 - Conexão de membrana;</p> <p>- 849 - Estrutura de aço do funil</p>
II	B-3	<p>CHAPÉU:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- estrutura soldada;</li> <li>- conexões de pinos, pinos, tampas de pinos, parafusos;</li> <li>- conexão por braçadeira ao cabo radial superior, braçadeiras de cabos, parafusos pré-tensionados;</li> <li>- junta deslizante;</li> <li>- chapas de revestimento de aço</li> </ul>	<p>- 845 - Conexão de membrana;</p> <p>- 849 - Estrutura de aço do chapéu</p> <p>- 848 - Revestimento do chapéu</p>



		inoxidável, conexão aparafusada entre chapas, vedação;  - conexão aparafusada entre revestimentos e conector do cabo do anel superior	
--	--	---	--



2.1.5 *Classificação da estrutura de acordo com a norma EN 1090 / código VDI RiLi 6200*

2.1.5.1 *Classificação de acordo com a norma EN 1090*

Conforme abaixo, a estrutura é classificada dentro do conceito do Eurocode, que foi a base para o projeto estrutural. Os requisitos em matéria de classificação são vistos como obrigatórios, a fim de cumprir o conceito de segurança do código europeu.

DIN EN 1991-1-7:2010-12  
EN 1991-1-7:2006 + AC:2010 (D)

Table A.1 - Categorisation of consequences classes.

Consequence class	Example of categorisation of building type and occupancy
1	Single occupancy houses not exceeding 4 storeys. Agricultural buildings. Buildings into which people rarely go, provided no part of the building is closer to another building, or area where people do go, than a distance of 1 1/2 times the building height.
2a Lower Risk Group	5 storey single occupancy houses. Hotels not exceeding 4 storeys. Flats, apartments and other residential buildings not exceeding 4 storeys. Offices not exceeding 4 storeys. Industrial buildings not exceeding 3 storeys. Retailing premises not exceeding 3 storeys of less than 1 000 m <sup>2</sup> floor area in each storey. Single storey educational buildings All buildings not exceeding two storeys to which the public are admitted and which contain floor areas not exceeding 2000 m <sup>2</sup> at each storey.
2b Upper Risk Group	Hotels, flats, apartments and other residential buildings greater than 4 storeys but not exceeding 15 storeys. Educational buildings greater than single storey but not exceeding 15 storeys. Retailing premises greater than 3 storeys but not exceeding 15 storeys. Hospitals not exceeding 3 storeys. Offices greater than 4 storeys but not exceeding 15 storeys. All buildings to which the public are admitted and which contain floor areas exceeding 2000 m <sup>2</sup> but not exceeding 5000 m <sup>2</sup> at each storey. Car parking not exceeding 6 storeys.
3	All buildings defined above as Class 2 Lower and Upper Consequences Class that exceed the limits on area and number of storeys. All buildings to which members of the public are admitted in significant numbers. Stadia accommodating more than 5 000 spectators <del>Buildings containing hazardous substances and/or processes</del>

NOTE 1 For buildings intended for more than one type of use the "consequences class" should be that relating to the most onerous type.

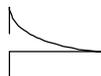
NOTE 2 In determining the number of storeys basement storeys may be excluded provided such basement storeys fulfil the requirements of "Consequences Class 2b Upper Risk Group".

NOTE 3 Table A.1 is not exhaustive and can be adjusted

Classe de consequências de falhas [CC] conforme a tabela B 1 da norma EN 1990:2010

Table B1 - Definition of consequences classes

Consequences Class	Description	Examples of buildings and civil engineering works
CC3	High consequence for loss of human life, or economic, social or environmental consequences very great	Grandstands, public buildings where consequences of failure are high (e.g. a concert hall)
CC2	Medium consequence for loss of human life, economic, social or environmental consequences considerable	Residential and office buildings, public buildings where consequences of failure are medium (e.g. an office building)
CC1	Low consequence for loss of human life, and economic, social or environmental consequences small or negligible	Agricultural buildings where people do not normally enter (e.g. storage buildings), greenhouses



Categoria de demandas operacionais (Classe de Sistema) [SC] como na Tabela B.1 1090-2

**Table B.1 — Suggested criteria for service categories**

Categories	Criteria
<b>SC1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Structures and components designed for quasi static actions only (Example: Buildings)</li> <li>Structures and components with their connections designed for seismic actions in regions with low seismic activity and in DCL*</li> <li>Structures and components designed for fatigue actions from cranes (class S<sub>c</sub>)**</li> </ul>
<b>SC2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Structures and components designed for fatigue actions according to EN 1993. (Examples: Road and railway bridges, cranes (class S<sub>1</sub> to S<sub>9</sub>)**, structures susceptible to vibrations induced by wind, crowd or rotating machinery)</li> <li>Structures and components with their connections designed for seismic actions in regions with medium or high seismic activity and in DCM* and DCH*</li> </ul>

\* DCL, DCM, DCH: ductility classes according to EN 1990-1  
 \*\* For classification of fatigue actions from cranes, see EN 1991-3 and EN 13001-1

-> SC1 para a estrutura geral do estádio

Categoria de produção [PC] conforme a Tabela B.2 1090-2

**Table B.2 — Suggested criteria for production categories**

Categories	Criteria
<b>PC1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Non welded components manufactured from any steel grade products</li> <li>Welded components manufactured from steel grade products below S355</li> </ul>
<b>PC2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Welded components manufactured from steel grade products from S355 and above</li> <li>Components essential for structural integrity that are assembled by welding on construction site</li> <li>Components with hot forming manufacturing or receiving thermic treatment during manufacturing</li> <li>Components of CHS lattice girders requiring end profile cuts</li> </ul>

-> PC2 para a estrutura soldada com aço de grau S355 ou superior

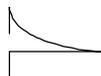
Classe de execução

**Table B.3 — Recommended matrix for determination of execution classes**

Consequence classes		CC1		CC2		CC3	
Service categories		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Production categories	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 <sup>a</sup>	EXC3 <sup>a</sup>
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 <sup>a</sup>	EXC4

<sup>a</sup> EXC4 should be applied to special structures or structures with extreme consequences of a structural failure as required by national provisions.

-> EXC3 para a estrutura geral



Fator  $K_{FI}$  de confiabilidade (norma EN 1990)

Table B3 -  $K_{FI}$  factor for actions

$K_{FI}$ factor for actions	Reliability class		
	RC1	RC2	RC3
$K_{FI}$	0,9	1,0	1,1

NOTE In particular, for class RC3, other measures as described in this Annex are normally preferred to using  $K_{FI}$  factors.  $K_{FI}$  should be applied only to unfavourable actions.

A classificação de RC3 requer maior confiabilidade. A fim de alcançar o aumento da confiabilidade, o código requer um aumento de capacidade estrutural, dentro do conceito de projeto (introdução de uma margem de segurança adicional de 10%) ou um aumento no nível de inspeção técnica. Para a estrutura do Estádio Maracanã, um maior nível de inspeção e supervisão se aplica em relação aos seguintes quesitos:

- o projeto: Além da verificação por um especialista brasileiro licenciado, um engenheiro independente verificou o projeto.
- a fabricação e a execução: Uma série de inspeções na fabricação e no canteiro de obras foram realizadas pelos projetistas. Inspeções de terceiros foram definidas pelo projetista para vários itens importantes. Uma segunda inspeção feita por terceiros foi recomendada pelo projetista e realizada pelo cliente, tendo elementos delicados como objeto (fabricação de peças fundidas).
- o período de utilização: a inspeção regular do edifício em uso é obrigatória e objeto deste manual. Subsseqüentemente, esta inspeção deve ser considerada e continuada durante toda a vida útil da estrutura.

#### 2.1.5.2 Classificação de acordo com o código VDI RiLi 6200

Referência: VDI RiLi 6200 capítulos 4 e 5

Construções de edifícios são classificadas de acordo com as possíveis consequências em caso de falha global ou parcial e seu projeto estrutural. Dependendo da classificação, o capítulo 10 do código VDI RiLi 6200 define as condições gerais para a inspeção regular e para as consequências resultantes para a manutenção.

A classificação dos edifícios em classes de consequência e robustez forma a base para o estabelecimento de intervalos de tempo para a inspeção regular.

Classe de consequências [CC] de falha conforme a tabela 1 do código VDI RiLi 6200

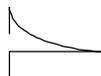


Table 1. Consequences Classes for buildings with examples (not complete)

Consequences class	Characteristics	Building types and exposed construction elements	Building examples
CC 3 Category 1 in accordance with [1]	high consequences (damage to life and health for a lot of persons, major environmental damage)	in particular: assembly places for more than 5000 persons	stadiums, congress halls, multi-purpose arenas
CC 2 Category 2 in accordance with [1]	medium consequences (damage to life and health for many persons, serious environmental damage)	constructions of over 60 m in height buildings and construction elements with span widths greater than 12 m and/or cantilevers greater than 6 m as well as large-area roofs exposed construction elements in buildings insofar as they constitute a special risk potential	high-rise buildings, television towers office buildings, industrial and commercial buildings, power stations, production plants, train stations and airport buildings, indoor swimming pools, shopping malls, museums, hospitals, theatres, schools, discotheques, sport halls of all kinds, e.g. for ice skating, equestrianism, tennis, cycling, athletics large canopy roofs, suspended balconies, suspended facades, domes
CC 1	low consequences (material damage and financial loss, low environmental damage, risks to individual persons)	robust and generally uncritical buildings with span widths less than 6 m buildings for only temporary use by individual people	detached residential houses, apartment houses agricultural buildings

Classe de robustez [RC], conforme o código VDI RiLi 6200, Tabela 2

Table 2. Robustness classes for buildings with examples (not complete)

Robustness class	Construction/usage	Structures as examples
RC 1	statically determined structures without structural redundancy prefabricated constructions without redundant connections systems sensitive to imperfections structures with brittle deformation behaviour	single-span girders column-stabilised hall structures without couplings slender shell structures glass structures frameworks with cast elements
RC 2	statically in determined constructions with structural redundancies elastic-plastic load-bearing behaviour	multi-span beams single-storey frame constructions steel constructions
RC 3	constructions with large system redundancies structural behaviour and/or constructions with large plastic capacities systems which are insensitive to faults	multi-storey frame constructions multiple statically indeterminate systems cable-span constructions embedded arch bearing structures
RC 4	load-bearing structures in which alternatively considered risk scenarios and failure analyses indicate sufficient robustness	designed for support failure, designed for load case airplane crash

Intervalos de inspeção regulares, conforme o código VDI RiLi 6200, Tabela 3

Dependendo da classe de consequência, os intervalos de inspeção regular fornecidos na Tabela 3 são recomendados.

Table 3. Intervals for periodic inspections (guideline values)

Consequences class	Surveillance in accordance with Section 10.1.1	Inspection in accordance with Section 10.1.2	Thorough examination in accordance with Section 10.1.3
CC 3	1 to 2 years	2 to 3 years	6 to 9 years
CC 2	2 to 3 years	4 to 5 years	12 to 15 years
CC 1	3 to 5 years	as required	



## 3 Inspeção

### 3.1 Intervalos de inspeção

As normas brasileiras não fornecem informações detalhadas sobre os intervalos de inspeção exigidos. Portanto, a determinação dos intervalos, referentes ao Estádio Maracanã, baseia-se nos requisitos definidos pelo Código alemão VDI RiLi 6200.

#### VISÃO GERAL

Inspeção	VDI RiLi 6200	Frequência definida para o Estádio Maracanã
1) Supervisão	1 / 1 ano	1 / 1 ano
2) Inspeção feita pelo especialista	1/2 anos ou após impacto extraordinário	1/2 anos ou após impacto extraordinário
3) Análise aprofundada	1 / 6 anos	1 / 6 anos

#### 3.1.1 *Supervisão (pelo funcionário de serviços gerais ou pelo inspetor)*

BASE:

- VDI RiLi 6200 §5 + §10.1.1

INTERVALO:

- pelo menos 1 vez por ano, até 30 de novembro.

#### 3.1.2 *Inspeção feita pelo especialista*

BASE:

- VDI RiLi 6200 §5 + §10.1.2

INTERVALO:

- **1 vez a cada 2 anos;**

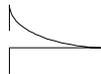
ou

- **depois de conversões, mudanças de uso e modernizações técnicas;**

ou

- **após eventos extraordinários - eventos extraordinários são definidos da seguinte forma:**

- tempestades e relâmpagos,
- ações sísmicas (terremotos) ou outras cargas dinâmicas,



- ventos fortes <sup>1)</sup>,
- precipitações intensas (por exemplo, granizo <sup>2)</sup>,
- subsidência,
- incêndios ou inundações,
- cargas fulminantes,

onde:

<sup>1)</sup> Ventos fortes: veja valores indicados na p.1.3.

<sup>2)</sup> precipitações intensas: veja valores indicados na p.1.3.

### 3.1.3 *Análise aprofundada feita por especialista*

BASE:

- VDI RiLi 6200 §5 + §10.1.3

INTERVALO:

- 1 vez a cada 6 anos;

## 3.2 **Requisitos para os inspetores**

### 3.2.1 *Nenhum conhecimento especial (funcionário de conservação) ou conhecimento geral estrutural (inspetor)*

- **REQUISITOS GERAIS PARA O FUNCIONÁRIO DE CONSERVAÇÃO - Referência: Código VDI6200 capítulo 12**

Instruções para visualização do proprietário/representante autorizado:

- responsável pela manutenção ordenada do edifício:

- manutenção da condição de projeto,
- garantia de utilização irrestrita do edifício;

- manutenção através de inspeção e manutenção regulares;

- se houver indícios de:

- danos na estrutura de sustentação,
- alterações na carga,
- mudanças no uso,
- alterações construtivas

é aconselhável consultar um especialista;

-



- **REQUISITOS GERAIS PARA O INSPETOR - Referência: Código VDI6200 capítulo 11**

Requisitos para os inspetores:

- responsável pela identificação e avaliação de danos - esta tarefa requer conhecimento geral e experiência no campo de:

- engenheiro de estruturas;
- construção,
- proteção contra corrosão,
- tecnologia de materiais,
- física de construção de edifícios;

- **REQUISITOS ESPECÍFICOS - relacionados com o sistema estrutural do Estádio Maracanã**

- O inspetor deve ser avisado sobre o sistema estrutural do Estádio Maracanã e precisa estar consciente sobre os requisitos estruturais especiais do objeto. Isso inclui o conhecimento fundamental sobre os principais elementos estruturais, bem como o conhecimento geral sobre as condições de contorno de utilização do estádio.

O funcionário de conservação/inspetor deve, além disso, ter uma compreensão geral da estrutura, a fim de identificar deficiências visíveis e reagir em conformidade. Isso inclui, entre outros, os itens listados abaixo:

- ele deve identificar danos visíveis, tais como:

- ele deve estar apto a identificar se um obstáculo como um parafuso, porca, anel de retenção ou tampa do pino encontrado nas arquibancadas pode, eventualmente, fazer parte da estrutura da cobertura que se soltou e, na sequência, consultar um especialista
- ele deve estar apto a observar partes visíveis soltas na membrana, de modo que possam ser corrigidas antes que gerem algum problema com o revestimento
- ele deve estar apto a identificar potencial não funcionamento da drenagem (empoçamento de água, sujeira, água nas saídas de emergência em condições normais de chuva)
- ele deve estar apto a observar manchas de ferrugem em partes visíveis da estrutura

- ele deve estar ciente da carga máxima de vento permissível

- ele deve evitar a colocação de cargas de incêndio próximas de elementos estruturais

- ele deve estar apto a observar um afrouxamento de uma tampa de proteção das barras de ancoragem na fixação dos aparelhos de apoio

- ele deve estar apto a observar fissuras fora dos padrões nas fundações de concreto

### 3.2.2 *Conhecimento estrutural dos especialistas (projetista ou engenheiro estrutural especializado)*

- **REQUISITOS GERAIS - Referência: Código VDI6200 capítulo 11**

Requisitos para os especialistas:



- Responsável pela identificação e avaliação de danos - esta tarefa requer alto conhecimento e experiência no campo de:

- engenharia de estruturas:
- construção,
- tecnologia de materiais,
- proteção contra corrosão
- física de construção de edifícios;

- especialistas, para realizar a inspeção, são engenheiros civis ou arquitetos que trabalharam por pelo menos 5 anos na compilação de análises estruturais, supervisão local técnica e áreas afins, e por pelo menos 3 anos na compilação de análises estruturais. Em particular, eles devem ter experiência com construções similares;

- Especialistas também podem ser engenheiros civis e arquitetos, com pelo menos 3 anos de experiência na inspeção de construções similares.

• **REQUISITOS ESPECÍFICOS - relacionados com o sistema estrutural do Estádio Maracanã**

O especialista de inspeção precisa ser um engenheiro profissional com experiência em projeto e fabricação de estruturas de membrana com cabos pré-tensionados. São necessários conhecimento fundamentado nas áreas de projeto, fabricação e controle de qualidade e teste de aço, cabos de aço de alta resistência, aço fundido, membranas, aço inoxidável, alumínio. O conhecimento deve ser demonstrado para o cliente, com o fornecimento de 3 referências mínimas significativas de estruturas de cabos de grandes vãos contendo membranas de fibra de vidro com PTFE, incluindo elementos estruturais e detalhes similares, incluindo peças de aço fundidas de alta resistência e sistemas de fixação de cabos.

Recomenda-se primeiramente consultar-se os especialistas que estão familiarizados com o sistema estrutural específico. Propõe-se considerar os vários especialistas em uma ordem alternada.

- projetista: schlaich bergermann und partner

- engenheiro de CQP - Nelson Galgoul



### 3.3 Escopo de inspeção

Obrigações do operador/proprietário:

Todos os equipamentos de segurança, como, por exemplo, sistemas abs, dispositivos de proteção contra queda, instalações de proteção do transformador contra alta tensão e qualquer equipamento relacionado com a inspeção da parte do edifício/elemento estrutural determinado devem ser fornecidos pelo proprietário/operador do edifício.

#### 3.3.1 Supervisão

- **VOLUME GERAL - Referência:VDI6200 p.10.1.1**

A inspeção visual da estrutura de sustentação para defeitos ou danos óbvios.

A estrutura de suporte pode ser entendida como todos os elementos de construção de sustentação de carga.

- **O QUE inspecionar: consulte o anexo C do código VDI6200.**

Inspeção visual/funcional de:

- **Questões gerais**

- Mudanças no uso;
- Além disso, cargas erguidas ou suspensas;
- Alterações na estrutura do edifício.

- **Questões estruturais:**

- Estruturas de aço: revestimento e corrosão, deformação, conexões e conectores;
- Estruturas de cabos: irregularidades na superfície dos cabos;
- Estruturas de membrana: danos à membrana.

- **Questões de construção:**

- Coberturas: vazamentos e falhas funcionais de drenagem, danos ao revestimento, flexão excessiva.

- **ONDE armazenar os resultados:**

- Reconhecimentos, resultados, medidas devem ser documentados no Livro de Registro de Segurança Estrutural do Edifício.

- **VOLUME ESPECÍFICO - relacionado com o sistema estrutural do Estádio Maracanã.**

- para mais informações, consulte o elemento estrutural para o qual a inspeção estava prevista (ver p.3.4);

- a inspeção geométrica de chapas de base para os seus deslocamentos verticais relativos deve ser realizada uma vez por ano - para mais detalhes, consulte os protocolos de inspeção p.3.7.2;

- Verificação visual da drenagem de água da cobertura (calhas, entradas, etc.) e instalações de aterramento



- Verificação visual dos danos na membrana
- Verificações visuais de cobrimentos de ancoragem nas chapas de base

### 3.3.2 Inspeção

- **VOLUME GERAL - Referência:VDI6200 p.10.1.2**
  - Inspeção visual e, se necessário, com a utilização de equipamento de teste técnico, da estrutura de sustentação.
- **O QUE inspecionar:consulte o anexo D do código VDI6200.**

**Indicação de danos para:**

  - **Questões gerais**
    - mudanças de carga,
    - Alterações construtivas,
    - Mudanças na física da construção.
  - **Questões estruturais:**
    - Estruturas de aço:revestimento e corrosão, deformação, conexões e conectores.
    - Estruturas de cabos:ancoragem, proteção contra corrosão.
    - Estruturas de vidro:rachaduras e arranhões, suportes (aço-vidro de contato direto).
  - **Questões de construção:**
    - Coberturas: poças e formação de gelo, flexão excessiva.
    - Aparelhos de apoio:deformações e expansões restritas.
    - Âncoras:proteção contra corrosão, irregularidades.
- **ONDE armazenar os resultados:**
  - Reconhecimentos, resultados, medidas devem ser documentados no livro de registro de segurança estrutural do edifício e disponibilizados ao proprietário/representante do proprietário.
- **VOLUME ESPECÍFICO - relacionado com o sistema estrutural do Estádio Maracanã.**
  - Além de inspeções visuais, testes e inspeções geométricas podem ser exigidos em caso de indicação;
  - Para mais informações, consulte o elemento estrutural determinado para o qual a inspeção estava prevista (ver p.3.4).
  - Inspeção geométrica da estrutura de aço e cabos para a correção de sua geometria - para maiores detalhes, consulte os protocolos de inspeção p.3.7.2.



### 3.3.3 *Análise aprofundada*

- **VOLUME GERAL - Referência: VDI6200 p.10.1.3**

- Inspeção aprofundada em busca de pontos fracos e danos de todos os principais elementos de sustentação, incluindo aqueles de difícil acesso;

- Será necessário **acessar todos os principais elementos estruturais** (até certo ponto / 100%) e, parcialmente, desmontar elementos de cobertura, a fim de efetuar as inspeções;

- Pode ser necessária a realização de **testes destrutivos ou não destrutivos**, a fim de determinar as capacidades e propriedades remanescentes.

- Pode ser necessária a realização de **análise de segurança**, a fim de avaliar a relevância de defeitos ou danos para a segurança estrutural do edifício;

Isto significa que os cálculos estruturais são realizados tendo em conta as forças e rigidez atualmente estabelecidas, pelo menos em pontos fracos localizados, com o objetivo de determinar o nível atual de segurança.

- **O QUE inspecionar:**

- Integridade de todos os principais elementos estruturais.

- Pontos fracos, defeitos e danos a elementos estruturais primários e secundários

- **ONDE armazenar os resultados:**

- Os resultados devem ser documentados no Livro de Registros da Segurança Estrutural do Edifício e, caso a segurança remanescente seja insuficiente, o proprietário/representante deve ser informado imediatamente sobre as consequências necessárias.

- **VOLUME ESPECÍFICO - relacionado com o sistema estrutural do Estádio Maracanã.**

- Inspeção visual de todos os principais elementos estruturais e suas conexões (todos os elementos que não devem falhar, a fim de assegurar a integridade estrutural), bem como uma variedade de elementos estruturais secundários. Parcialmente, isso exigirá a desmontagem de alguns componentes (por exemplo, remover as tampas de pinos para inspecionar os pinos, remover a cobertura das braçadeiras para inspecionar as braçadeiras dos cabos, etc.) ou a remoção de elementos de revestimento, a fim de permitir o acesso para inspeção (por exemplo, tampa de barra de ancoragem).

- Além de inspeções visuais, uma série de testes, verificando a geometria e o pré-tensionamento dos cabos e membrana deve ser realizada. Além das inspeções no local, a membrana deve ser examinada em laboratório. Essas inspeções devem ser realizadas primeiramente depois de 10 anos, mas antes da garantia do executor expirar;

- Para mais informações, consulte o elemento estrutural determinado para o qual a inspeção estava prevista (ver p.3.4).

## 3.4 Tipo de inspeção e volume vs. elemento estrutural

### 3.4.1 *Tipos de inspeções*

Os tipos de inspeção são baseados no seguinte critério:



- Intervalos de inspeção - ver p.3.1,
- inspetor - ver p.3.2,
- Volume de inspeção - ver p.3.3,

além disso, pode ser ainda limitado a 3 tipos diferentes:

tipo de inspeção	Intervalos de inspeção	inspetor
(1) <i>supervisão</i>	2 por ano (antes e depois do inverno)	proprietário <sup>1)</sup> ou inspetor
(2) <i>Inspeção</i>	a cada 2 anos ou em caso de necessidade <sup>2)</sup>	especialista
(3) <i>análise aprofundada</i>	a cada 6 anos	especialista

<sup>1)</sup> ver lista de verificação detalhada.

<sup>2)</sup> depois de acontecimentos extraordinários - para maiores detalhes, consulte p.1.3.

### 3.4.2 *Volume e escopo de inspeções*

O escopo, volume e profundidade de inspeção varia em relação a:

- a qualificação do inspetor,
- a importância de elementos e detalhes estruturais,
- a acessibilidade dos elementos e detalhes.

O princípio subjacente é:

A inspeção (1) abrange elementos e detalhes relevantes para o funcionamento seguro e regular do estádio, visível para um olho treinado e acessível com limitado esforço adicional.

A inspeção (2) destina-se a garantir a integridade dos principais elementos primários e secundários de forma a confirmar a conformidade técnica da estrutura com os requisitos. Deve incluir elementos e detalhes visíveis ao olho de um especialista, acessíveis com esforço limitado ou como necessário.

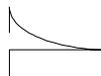
A inspeção aprofundada (3) deve assegurar a integridade da estrutura primária e detectar riscos ou falhas potenciais em um estágio inicial. Deve ser incluída uma inspeção de todos os elementos estruturais vitais (principais elementos estruturais), servindo também para detectar possíveis defeitos escondidos ou degradações visíveis a um especialista. Devem ser incluídos detalhes de difícil acesso, bem como detalhes que exigem o desmantelamento de componentes para inspeção.

- ***Escopo principal da inspeção***

tipo de inspeção	Escopo geral	Acesso
1	Elementos e detalhes estruturais e funcionais relevantes para a operação regular do estádio, incluindo: - itens visuais nos principais elementos estruturais primários e secundários (integridade das fixações - sem	todas as áreas acessíveis por escadas, passarelas, superfícies da



	<p>tampas/parafusos soltos, proteção contra corrosão, danos visíveis/distorções),</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vias de acesso e instalações,</li> <li>- revestimento da cobertura e detalhes,</li> <li>- drenagem de água,</li> <li>- iluminação,</li> <li>- instalações e equipamentos, como, por exemplo, sistemas de segurança, alertas de fuga, luzes de evacuação, fixação do equipamento técnico temporário e permanente,</li> <li>- estrutura fotovoltaica e revestimento.</li> </ul>	<p>cobertura, linhas de vida (usando cinto), mas sem equipamento adicional, como cesta de guindaste ou similar, mas incluindo o uso de binóculos para itens não diretamente acessíveis.</p>
2	<p>Elementos estruturais de estrutura primárias e secundárias e detalhes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- principais elementos estruturais primários e secundários incluindo                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• integridade de conexões e fixações</li> <li>• proteção contra corrosão</li> <li>• danos visíveis/distorções</li> <li>• tampas de pinos, parafusos, fixação de cabos</li> </ul> </li> <li>- estrutura da membrana, fixação de articulações, vedações</li> <li>- aparelhos de apoio, ancoragem</li> <li>- estrutura de cabos, ancoragem, fixação, proteção contra corrosão</li> </ul>	<p>todas as áreas acessíveis por escadas, passarelas, superfícies da cobertura, linhas de vida (usando cinto), mas sem equipamento adicional, como cesta de guindaste ou similar, mas incluindo o uso de binóculos para itens não diretamente acessíveis. Se necessário, devem ser fornecidos mais detalhes.</p>
3	<p>Elementos estruturais de estrutura primárias (e secundárias) e detalhes, incluindo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- principais elementos estruturais primários e secundários, incluindo                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• integridade de conexões e fixações</li> <li>• proteção contra corrosão</li> <li>• danos visíveis/distorções</li> <li>• tampas de pinos, parafusos, fixação de cabos</li> </ul> </li> <li>- estrutura da membrana, fixação de juntas, vedação</li> <li>- aparelhos de apoio, ancoragem</li> <li>- estrutura de cabos, ancoragem, fixação, proteção contra corrosão</li> <li>- incluindo a inspeção detalhada de detalhes não</li> </ul>	<p>todas as áreas, detalhes a serem parcialmente desmembrados para inspeção.</p>



	expostos.	
--	-----------	--

• **Volume principal de inspeções**

É da responsabilidade dos inspetores definir o volume detalhado das inspeções necessárias para garantir um resultado confiável em conformidade com os requisitos definidos e com base nos resultados reais durante a inspeção.

Em geral, a seguinte recomendação de princípio para volumes de inspeção é dada:

Classe do elemento	Acesso	Supervisão	Inspeção	Análise aprofundada
1 - MSE	Ruim	visível à distância	reduzida	intensa
2 - PSE	Ruim		reduzida	aumentada
3 - SSE	Ruim		reduzida	reduzida
1 - MSE	Bom	aumentada	intensa	intensa
2 - PSE	Bom	aumentada	intensa	reduzida
3 - SSE	Bom	aumentada	aumentada	reduzida / pontual
4 - NSE	Bom	aumentada	reduzida / pontual	reduzida / pointual

Atalhos:

MSE - Elemento estrutural principal

PSE - Elemento estrutural primário

SSE - Elemento estrutural secundário

NSE - Elemento não estrutural

Apenas para detalhes selecionados um volume é definido especificamente nas notas específicas para inspeção. Esse volume deve ser visto como o mínimo recomendado.

Os atalhos a seguir são utilizados:

atalho	Volume de inspeção
25%	a menos que haja indicação de aumento de volume
10%	a menos que haja indicação de aumento de volume
SC-i	Verificação local de membros "i", aumentada em caso de ocorrências
icoi	Em caso de indicação



### 3.4.3 *Recomendações para a seleção de membros para a verificação*

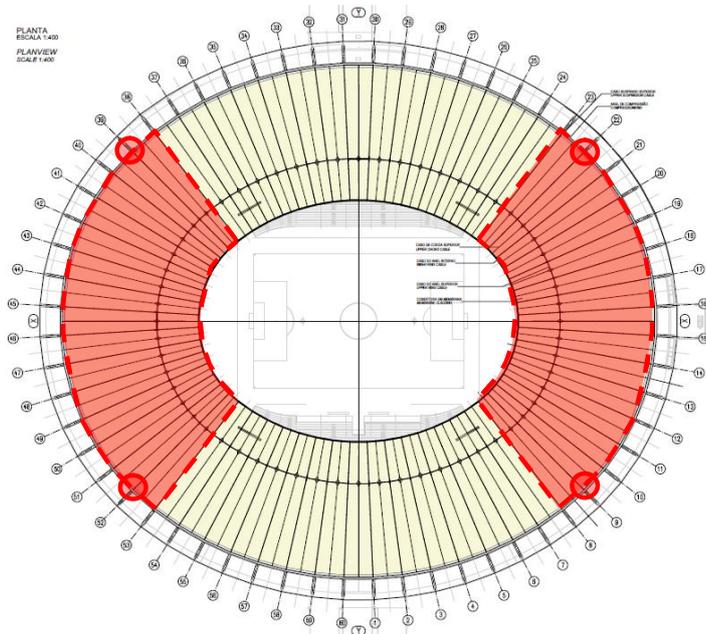
- **Seleção (para supervisão)**

A fim de dar algum tipo de assistência para a seleção do volume de inspeção, os seguintes critérios podem ser usados como ajuda:

- a. localização das maiores forças internas - para elementos estruturais e revestimentos,
- b. localizações das maiores cargas externas - para revestimento,
- c. experiência do inspetor e sua expertise em sistemas estruturais semelhantes.

**a.** em geral (mas simplificada), as forças internas em membros situados nas zonas curvas são mais elevadas do que nas zonas retas.

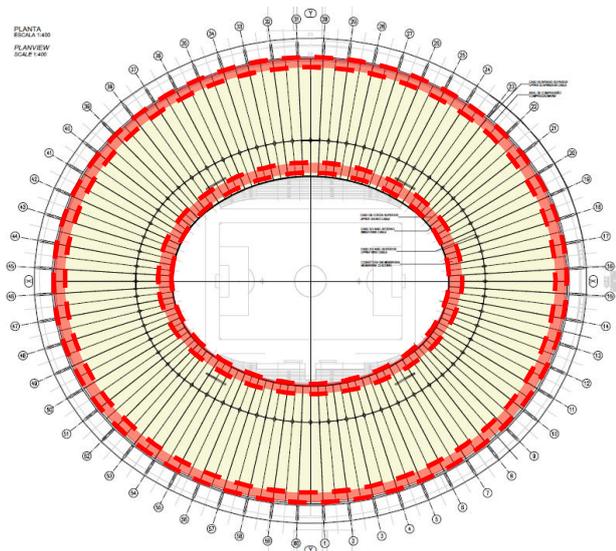
Aparelhos de apoio tangencialmente fixos são mais críticos do que os aparelhos de apoio móveis.





**b. Maiores cargas externas**

A direção predominante do vento no centro do Rio de Janeiro é do Sul para o Sudeste. No entanto, as velocidades de vento mais altas vêm do oeste, o que significa que a direção cardinal não é uma indicação clara para a seleção dos membros. Não obstante, as bordas de estruturas estão mais expostas a cargas de vento devido a picos de pressão. Isto deve ser considerado com relação aos membros de revestimento relacionados e aos fotovoltaicos.



**3.5 Nomes e subdivisão de elementos**

- **Princípio de numeração de elemento**

A numeração é explicada em detalhes no capítulo 2.1.3. e segue o seguinte princípio:

X - uma das 3 principais partes do sistema estrutural (I,II,III);

Y - importância estrutural de determinado elemento

(A) - elemento estrutural principal = elemento estrutural de RC1

(B) - elemento estrutural primário = elemento de sustentação de carga primária da estrutura global

(C) - elemento estrutural secundário;

Z - indicação de determinado elemento estrutural nos desenhos de vista geral (1-99).



### 3.6 Notas específicas para elementos estruturais selecionados

Foram atribuídos, respectivamente, a cada um dos principais elementos estruturais, primários e secundários (que correspondem automaticamente às juntas estruturais) os tipos de inspeção acima mencionados (-> 3, 4).

O sumário é apresentado nas tabelas abaixo e deve servir como diretriz.

Além disso, o sumário das questões comunicadas em relatórios de obra (punch list) foi atribuído a determinados elementos, a fim de facilitar o entendimento dos problemas em potencial. A lista de problemas pode ser encontrada abaixo da tabela de inspeção do elemento estrutural.

#### 3.6.1 REMANESCENTES DA FASE DE CONSTRUÇÃO

Duas questões restantes devem ser corrigidas durante a PRIMEIRA operação de manutenção regular.

##### a) Re-torque dos parafusos de fixação

O terceiro re-torque de todos os parafusos que pertencem a braçadeiras de cabos. Trata-se de braçadeiras de cabos de suspensão e conectores de cabo de anel, bem como braçadeiras do cabo de vale no funil (ponto baixo) e braçadeiras de cabos no cume no ponto alto. O novo torque deve ser executado de acordo com as respectivas declarações de método utilizando uma chave adequada e calibrada. Os parafusos devem ser marcados apropriadamente. O processo deve ser registrado e documentado.

As planilhas de instruções aplicáveis (além de outras) são:

EMF-2F-30-40G-13008/09/10/11/12/13/14/15/16/17/18/19/20/21/22-MD

EMF-2F-30-40G-13030/31/32-MD

##### b) Aplicação de material de preenchimento

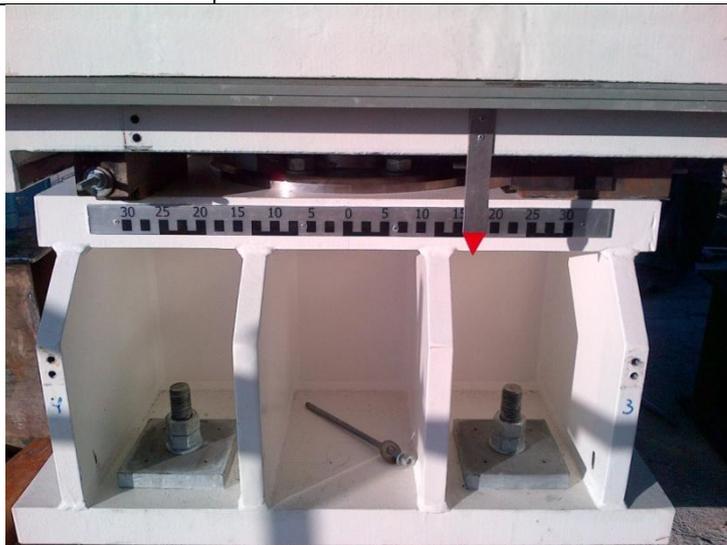
Todos os detalhes de conexão de pinos superiores e inferiores dos mastros suspensos devem ser aplicados com um material de preenchimento apropriado (cera, óleo), a fim de substituir os separadores de aço inoxidável ausentes e, assim, proporcionar uma adequada e duradoura proteção contra corrosão para as áreas das chapas de aço afetadas.

Um produto aplicável que poderia ser usado é o TECTYL (da Valvoline). Em qualquer caso (inclusive se o TECTYL for usado) o próprio produto e sua metodologia de aplicação devem ser testados antecipadamente, usando modelos em escala real (tamanho real, material real) dos dois detalhes. A configuração e a execução de teste devem ser coordenadas com a **schlaich bergermann und partner** (engenheiros da cobertura) e por eles aprovadas. O material e o método de aplicação devem assegurar umedecimento completo das respectivas superfícies de ligação de longa duração sem gotejamento, tendo em conta o movimento relativo (rotação) dos elementos conectados. Para o teste de propriedades de longa duração é necessário um teste de longo prazo. Desta forma, os testes devem começar imediatamente.



3.6.2 IA-1 - PONTO DE BASE

Nº do elemento	elemento estrutural / componente	Inspeção	Vol. (ver 3.4)	Tipo de inspeção			
I.A-1	<b>PONTO DE BASE/APARELHO DE APOIO</b>  - graute  - chapa de base  - ancoragens  - aparelho de apoio  - TODOS	- graute (visual)	5%	1	2	3	
		- chapas, reforços, inspeção de soldagem visual			2	3	
		- recalques			2	3	
			- aperto de tampas de segurança	sc-10	1	2	3
			- proteção contra corrosão (abertura de tampas selecionadas)				3
			- inspeção do nível de pré-tensionamento (ancoragens selecionadas)				3
			- funcionamento geral		1	2	3
			- condição de superfícies de aço inoxidável		1	2	3
			- condição de camadas de PTFE		1	2	3
			- localização do aparelho de apoio (indicador)		1	2	3
	- condição de parafusos (conexão superior e inferior)		1	2	3		
	- indicação de avaria		1	2	3		
	- proteção contra corrosão (visual)		1	2	3		





Punch List com base em relatórios da obr

- proteção contra corrosão / aperto de calços:



- aplicação adequada de parafuso:





3.6.3 I.A-2 - ANEL DE COMPRESSÃO

Nº do elemento	elemento estrutural / componente	Inspeção	Vol. (ver 3.4)	Tipo de insp.		
I.A-2	<b>ANEL DE COMPRESSÃO</b> - head plates - conexão com passarela radial  - conexão com cabos radiais, cabos de vale  - serviços ancorados (por exemplo, tubos de drenagem) - conexão com a membrana - conexão com com elementos fotovoltaicos - tubos penetrantes - TODOS	- parafusos pré-tensionados, contato integral  - chapas, reforços, soldas, pinos, tampas de pinos, tampas de pinos de fixação, funcionamento de articulação, espaço livre  - chapas, reforços, soldas, pinos, tampas de pinos, tampas de pinos de fixação, funcionamento de articulação, espaço livre  - detalhe de pinos, corrosão, (tampa de pino aberta)  - funcionamento, corrosão  - funcionamento, aperto  - funcionamento, aperto  - aperto de chapas de cobrimento  - proteção contra corrosão (visual)			2 1 2 1 2  3 1 2 2 2 2 1 2 3	





Punch List com base em relatórios de obra

- CR - parafusos muito curtos:





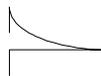
3.6.4 I.A-3 - MASTRO SUSPENSO

Nº do elemento	elemento estrutural / componente	Inspeção	Vol. (ver 3.4)	Tipo de insp.		
I.A-3	<b>MASTROS SUSPENSOS</b> - seção caixão com reforços e ligações soldados - conexão com um conector de anel de tensão superior e inferior - conexão com a passarela tangencial, chapas com olhais soldadas	- inspeção visual, - pino de conexão para fundidos, superfícies, fixações, pinos, tampas de pinos, fixação de tampas de pinos, contato, corrosão - pinos, tampas de pinos, fixação de tampas de pinos, ajuste, lacunas, corrosão, função de orifício oblongo		1	2	3
					2	3
				1	2	3



Punch List com base em relatórios de obra

- tampas de pinos instaladas de forma errada
- ausência de medidas de segurança de fixação de pinos
- ausência de separadores de aço inoxidável em conexões com conectores de cabos de anel (corrosão)
- proteção deficiente contra corrosão na ponta mais alta dos mastros suspensos



3.6.5 I.B-4 - PASSARELAS

Nº do elemento	elemento estrutural / componente	Inspeção	Vol. (ver 3.4)	Tipo de insp		
I.B-4	<b>PASSARELAS</b>					
	- estruturas de passarela soldadas	- soldas de campo parciais, inspeção visual				3
	- conexão com a passarela tangencial para mastros suspensos	- chapas com olhais, reforços, soldas, pinos, tampas de pinos, tampas de pinos de fixação, funcionamento de articulações, funcionamento de deslizamento, espaço livre		1	2	3
	- conexão da passarela radial com a passarela tangencial	- chapas com olhais, reforços, soldas, pinos, tampas de pinos, tampas de pinos de fixação, funcionamento de articulações, funcionamento de deslizamento, espaço livre		1	2	3
	- conexão da passarela radial com o anel de compressão	- chapas com olhais, reforços, soldas, pinos, tampas de pinos, tampas de pinos de fixação, funcionamento de articulações, funcionamento de deslizamento, espaço livre		1	2	3
	- conexão da passarela de acesso ao video com a passarela tangencial	- chapas com olhais, reforços, soldas, pinos, tampas de pinos, tampas de pinos de fixação, funcionamento de articulações, funcionamento de deslizamento, espaço livre		1	2	3
	- conexão da passarela de acesso ao video com a video wall	- chapas com olhais, reforços, soldas, pinos, tampas de pinos, tampas de pinos de fixação, funcionamento de articulações, funcionamento de deslizamento, espaço livre		1	2	3
	- cabos de contraventamento	- tensão, soquetes, pinos, tampas de pinos, parafusos		1	2	3
	- serviços ancorados (para equipamento técnico)	- funcionamento, corrosão				3
	- grades de piso, corrimãos	- funcionamento, corrosão, itens soltos				3
	- instalações	- verificação da carga dentro do permitido		1	2	
		- verificação de equipamentos temporários		1)	1	
		<sup>1)</sup> O operador é responsável por verificar o peso e a forma de ligação do equipamento temporário para que esteja em conformidade com as disposições			1	
- drenagem de água	- funcionamento, aperto			1		
- TODOS	- proteção contra corrosão (visual)			1	2	3



Punch List com base em relatórios de obra

- proteção contra corrosão danificada, faltando separadores de aço inoxidável



- pinos errados na conexão com o anel de compressão



- proteção contra corrosão danificada na passarela de acesso à video wall + dimensão errada do pino



- colisão com cabos de amarração





3.6.6 IC-5 - PASSARELA INTERNA

Nº do elemento	elemento estrutural / componente	Inspeção	Vol. (ver 3.4)	Tipo de insp		
I.C-5	<b>PASSARELA INTERNA</b> - estruturas de passarela soldadas - conexão com o conector do cabo do anel interno - linha de vida - serviços ancorados (para equipamento técnico) - grades de piso, corrimãos - instalações - TODOS	- soldas de campo parciais, inspeção visual - chapas com olhais, reforços, soldas, parafusos pré-tensionados, funcionamento de deslizamento, espaço livre - segurança, funcionamento - funcionamento, corrosão - funcionamento, corrosão, itens soltos - verificação da carga dentro do permitido - verificação de equipamentos temporários 1) O operador é responsável por verificar o peso e a forma de ligação do equipamento temporário para que esteja em conformidade com as disposições - proteção contra corrosão (visual)	1)			3
					2	3
				1	2	3
						3
						3
				1	2	
				1		
				1		
				1	2	3





Punch List com base em relatórios de obra

- cabeamento errada de cabos (por sobre a membrana)

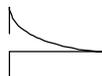
3.6.7 IC-6 - ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PARA A VIDEO WALL

Nº do elemento	elemento estrutural / componente	Inspeção	Vol. (ver 3.4)	Tipo de insp.		
				1	2	3
I.C-6	<b>ESTRUTURA DE SUSPENSÃO PARA VIDEO WALL</b> - tirantes, olhais - conexões com braçadeiras de cabos de suspensão e com a video wall - TODOS	- inspeção visual - chapas com olhais, soldas, pinos, tampas de pinos, tampas de pinos de fixação, funcionamento de articulação, espaço livre - proteção contra corrosão (visual)		1	2	3
				1	2	3
				1	2	3



Punch List com base em relatórios de obra

- pinos muito curtos para a video wall



3.6.8 I.C-7 - SUBESTRUTURA FOTOVOLTAICA

Nº do elemento	elemento estrutural / componente	Inspeção	Vol. (ver 3.4)	Tipo de insp		
				1	2	3
I.C-7	<b>SUBESTRUTURA FOTOVOLTAICA</b>					
	- estrutura de grade	- perfis, parafusos, inspeção visual			2	3
	- conexão com o anel de compressão;	- solda de campo, parafusos, inspeção visual		1	2	3
	- conexão de revestimento	- parafusos, inspeção visual			2	3
	- conexão de painéis fotovoltaicos	- parafusos, inspeção visual		1	2	3
	- linha de vida	- segurança, funcionamento		1	2	3
	- grade de piso	- funcionamento, corrosão				3
- TODOS	- proteção contra corrosão (visual)		1	2	3	





3.6.9 I.C-8 - ESCADAS DE ACESSO

Nº do elemento	elemento estrutural / componente	Inspeção	Vol. (ver 3.4)	Tipo de insp		
I.C-8	<b>ESCADAS DE ACESSO</b> - estrutura soldada - conexão com o anel de compressão - conexão com a subestrutura dos fotovoltaicos - TODOS	- inspeção visual - parafusos, inspeção visual - parafusos, inspeção visual - proteção contra corrosão (visual)			2	3
					2	3
					2	3
				1	2	3



Punch List com base em relatórios de obra

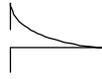
- potenciais colisões durante o movimento da cobertura





## 3.6.10 II.A-1,2,3 - CABOS DO ANEL DE TENSÃO

N° do elemento	elemento estrutural / componente	Inspeção	Vol. (ver 3.4)	Tipo de insp		
II.A-1	<b>ANEL DE TENSÃO SUPERIOR</b>					
II.A-2	<b>ANEL DE TENSÃO INFERIOR</b>					
II.A-3	<b>ANEL DE TENSÃO INTERNO</b>					
	- cabos fully locked	- inspeção visual		1	2	3
		- tampas de pinos, tampas de pinos de fixação, proteção contra corrosão, danos à superfície (revestimento galvanizado, danos aos fios, sangramento)			2	3
		- acopladores dos cabos do anel, ancoragem			2	3
		- conectores dos cabos do anel			2	3
	- Braçadeiras dos cabos do anel	- inspeção visual, funcionamento, espaço livre restante, geometria das tampas de fixação, chapas de zinco, travas,			2	3
		■ verificação de pré-tensionamento dos parafusos de fixação	sc <sup>1)</sup>			3
		<sup>1)</sup> Identificação do local mais utilizado para as forças diferenciais conectadas a cabos de acordo com o projeto estrutural. Consulte o torque de MS dos parafusos das coberturas de fixação.				
		- verificação da superfície dos cabos e condição dentro dos orifícios rosqueados (desmonte a braçadeira - esclareça a condição e a localização antecipadamente consultando o projeto estrutural)	sc			3
	- berços dos cabos dos conectores	- inspeção da camada de zinco em pó				3
	- TODOS	- proteção contra corrosão (visual)		1	2	3



Punch List com base em relatórios de obra

- sangramento de cabos



- tampas de fixação com contato



- camada de zinco insuficiente



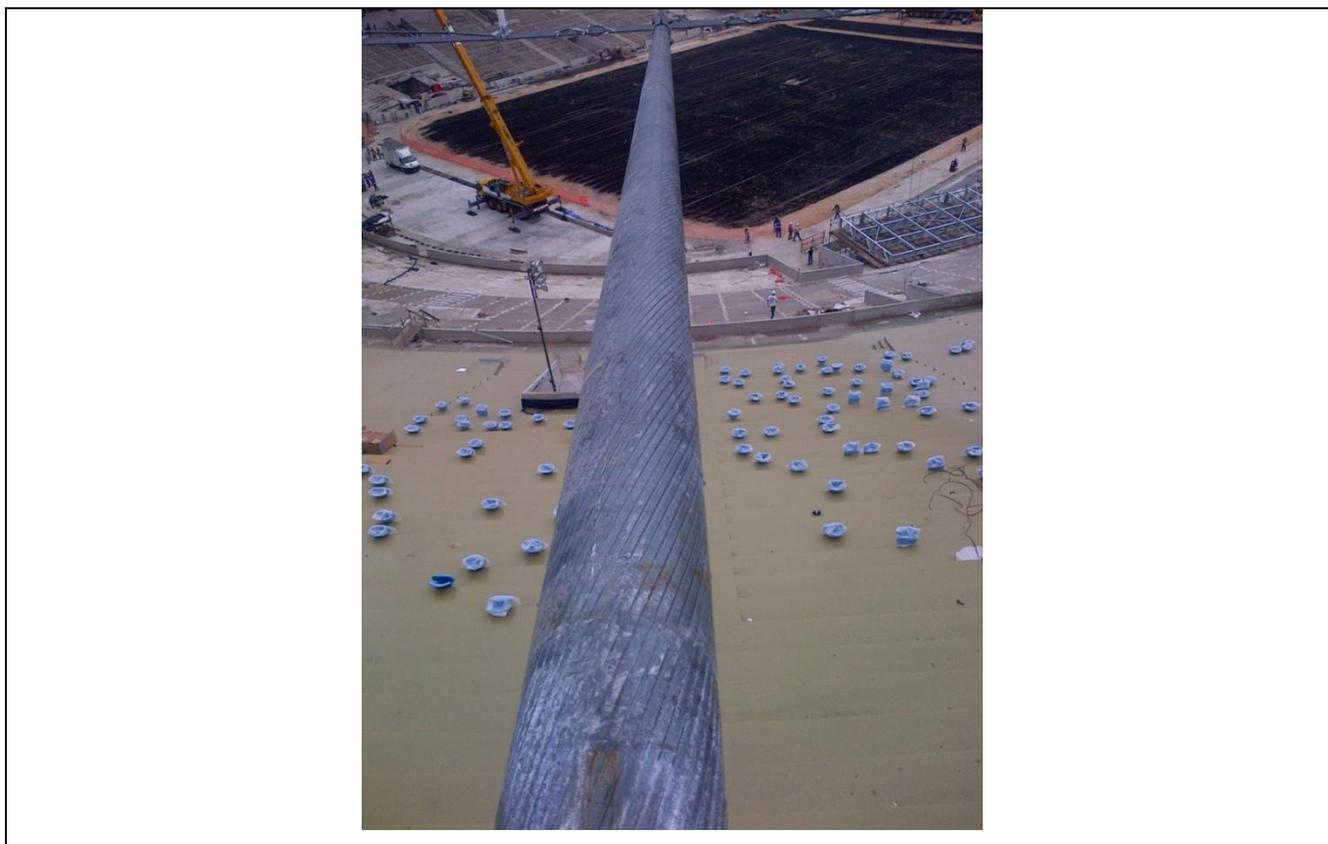
- proteção contra corrosão danificada





3.6.11 II.A-4, 5, 6, 7 – CABOS RADIAIS

Nº do elemento	elemento estrutural / componente	Inspeção	Vol. (ver 3.4)	Tipo de insp		
II.A-4	CABO RADIAL SUPERIORPOSTERIOR		sc			
II.A-5	CABO RADIAL INFERIORPOSTERIOR					
II.A-6	CABO RADIAL SUPERIOR DIANTEIRO					
II.A-7	CABO RADIAL INFERIOR DIANTEIRO					
	- cabos fully locked	- inspeção visual, tampas de pinos, tampas de pinos de fixação, proteção contra corrosão, danos à superfície (revestimento galvanizado, danos aos fios, drenagem)		2	3	
		- ancoragem, inspeção de soquetes		2	3	
		- inspeção da superfície do cabo debaixo das braçadeiras			3	
	- TODOS	- proteção contra corrosão (visual)		1	2	3



Punch List com base em relatórios de obra

- sangramento de cabos



- superfície danificada do cabo



- tampas de pinos erroneamente instaladas (invertidas)





3.6.12 II.A-8 - CABOS DE SUSPENSÃO

Nº do elemento	elemento estrutural / componente	Inspeção	Vol. (ver 3.4)	Tipo de insp.		
II.A-8	<b>CABOS DE SUSPENSÃO</b>					
	- cordoalhas em espiral	- inspeção visual, tampas de pinos, tampas de pinos de fixação, proteção contra corrosão, danos à superfície (revestimento galvanizado, danos aos fios)			2	3
		- ancoragem, inspeção de soquetes			2	3
	- braçadeiras de cabos de suspensão	- verificação visual, alinhamento, parafusos pré-tensionados, marcas de deslocamento, superfícies, chapa de zinco separadoras			2	3
		- verificação de pré-tensionamento dos parafusos	sc			3
		- verificação da superfície do cabo	icoi			3
	- TODOS	- proteção contra corrosão (visual)		1	2	3





Punch List com base em relatórios de obra

- *corrosão no soquete do cabo de suspensão*



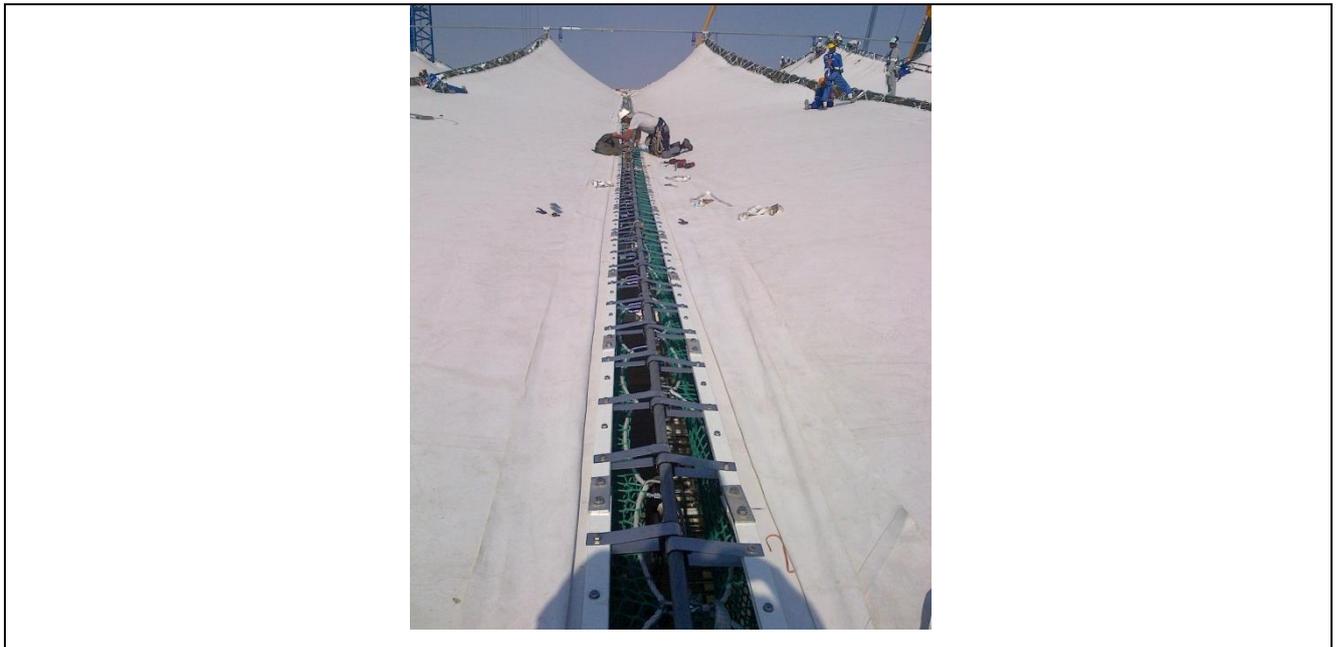
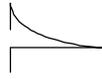
- braçadeiras de cabos de suspensão com contato:





3.6.13 II.C-9 - CABOS DO VALE:

N° do elemento	elemento estrutural / componente	Inspeção	Vol. (ver 3.4)	Tipo de insp		
II.C-9	<b>CABO DO VALE</b>  - cabos fully locked	- inspeção visual, tampas de pinos, tampas de pinos de fixação, proteção contra corrosão, danos à superfície (revestimento galvanizado, danos aos fios, drenagem)		2	3	
		- ancoragem, inspeção de soquetes		2	3	
	- inspeção da superfície do cabo debaixo das braçadeiras	sc		3		
	- braçadeiras do funil	- inspeção visual, função, folga restante, geometria das tampas de fixação, travas		2	3	
		- verificação de pré-tensionamento dos parafusos de fixação	sc <sup>1)</sup>		3	
		<sup>1)</sup> Identificação do local mais utilizado para as forças diferenciais dos cabos de acordo com o projeto estrutural. Consulte o aperto de MS dos parafusos das coberturas de fixação.				
		- verificação da superfície dos cabos e condição dentro dos orifícios da rosca (desmonte da braçadeira - esclareça a condição e a localização antecipadamente consultando o projeto estrutural)	sc		3	
	- TODOS	- proteção contra corrosão (visual)		1	2	3



Punch List com base em relatórios de obra

- sangramento de cabos



- braçadeiras de tubos sem camada separadora de proteção





3.6.14 II.C-10 – CABOS TIE DOWN

Nº do elemento	elemento estrutural / componente	Inspeção	Vol. (ver 3.4)	Tipo de insp		
II.C-10	<b>CABOS TIE DOWN</b>  - cordoalhas em espiral  - braçadeiras do cabo do anel inferior  - TODOS	- inspeção visual, tampas de pinos, tampas de pinos de fixação, proteção contra corrosão, danos à superfície (revestimento galvanizado, danos aos fios)  - ancoragem, inspeção de soquetes  - verificação visual, alinhamento, parafusos pré-tensionados, marcas de deslocamento, superfícies, chapas de zinco separadoras  - verificação de pré-tensionamento dos parafusos  - verificação da superfície do cabo  - proteção contra corrosão (visual)			2	3
					2	3
					2	3
			sc			3
			icoi			3
				1	2	3



Punch List com base em relatórios de obra

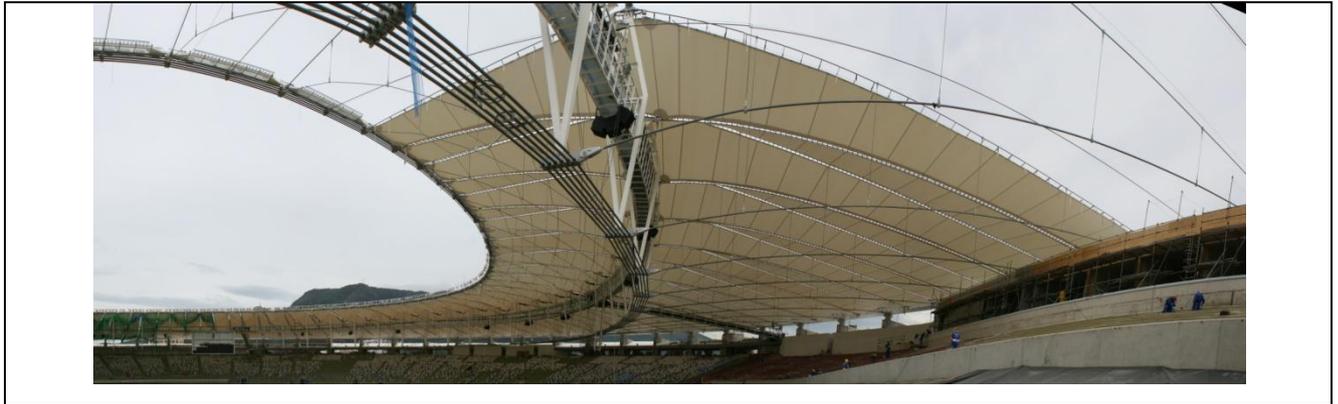
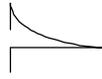
- colisão com estrutura de passarela e eletrocalha





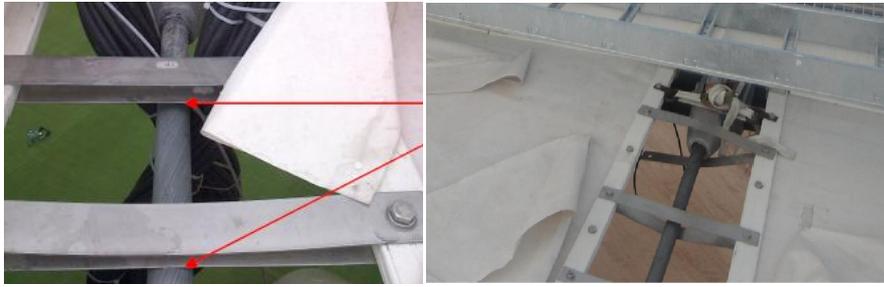
3.6.15 III.A-1 - REVESTIMENTO DA MEMBRANA

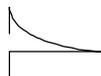
N° do elemento	elemento estrutural / componente	Inspeção	Vol. (ver 3.4)	Tipo de insp.			
III.A-1	<b>REVESTIMENTO DA MEMBRANA</b>  - inspeção visual, tecido, costuras  - detalhes de vedação, emendas  - arestas de fixação           - fixação ao anel de compressão  - drenagem de água da cobertura	- áreas sem tensionamento, dobras, áreas de coleta de água (marcas de água)		1	2	3	
		- danos visíveis (partes soltas, furos, delaminação, remoção do material de cobertura de membrana, abertura de soldas)		1	2	3	
		- sujeira, fungos		1	2	3	
		- dano, abertura de soldas,			2	3	
		- perfis de fixação de alumínio, superfície, corrosão, elementos galvânicos, deslocamento de talão de fixação (keder)			2	3	
		- tiras de aço inoxidável (ajuste de separador nos cabos, conexão com perfis de fixação, contato com cabo apertado)			2	3	
		- chapas de conexão entre os perfis de fixação de alumínio			2	3	
		- chapa de fixação em curvas de ponto alto e baixo			2	3	
		- impermeabilização, voltada para cima,			2	3	
		- detalhes finais, transmissão de forças tangenciais			2	3	
		- funcionamento geral			2	3	
		- afrouxamento de elementos de fixação					
		- extrusão de fixação, talão de fixação (keder)			2	3	
		- vedações, vazamento,			1	2	3
		- entradas, limpeza, funis, função			1	2	3
- transbordamentos de emergência, função				2	3		



Punch List com base em relatórios de obra

- contato entre tiras da membrana e cabos radiais/vale





3.6.16 III.B-2 - PONTO BAIXO DA MEMBRANA, FUNIL

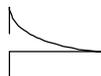
N° do elemento	elemento estrutural / componente	Inspeção	Vol. (ver 3.4)	Tipo de insp		
III.B-2	<b>PONTO BAIXO DA MEMBRANA, FUNIL</b>  - estruturas de aço  - conexão para os cantos da membrana  - balancim para cabos de amarração  - braçadeiras para cabo do vale     - drenagem de água    - TODOS	- inspeção visual  - pinos, tampas do pino, fixações das tampas de pinos, folga, funcionamento de articulação  - pinos, tampas do pino, fixações das tampas de pinos, folga, funcionamento de articulação  - verificação visual, alinhamento, parafusos pré-tensionados, marcas de deslocamento, superfícies, chapas de zinco separadoras, funcionamento de deslizamento  - verificação de pré-tensionamento dos parafusos  - verificação da superfície do cabo  - função  - aperto de entradas de água na conexão da membrana,  - aperto de conexão com os dutos da passarela  - proteção contra corrosão (visual)				
				1	2	3
					2	3
					2	3
					2	3
				sc		3
				icoi		3
				1	2	
				1	2	
				1	2	
1	2	3				
 						



Punch List com base em relatórios de obra

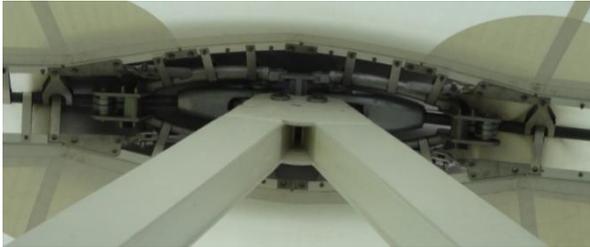
- separadores de aço inoxidável ausentes





3.6.17 III.B-3 - PONTO ALTO DA MEMBRANA, RETENTOR

N° do elemento	elemento estrutural / componente	Inspeção	Vol. (ver 3.4)	Tipo de insp.		
III.B-3	<b>PONTO ALTO DA MEMBRANA, RETENTOR</b>  - estruturas de aço  - conexão para os cantos da membrana  - conexão com o conector do cabo do anel superior  - braçadeiras para cabos radiais   - chapéu   - TODOS	- inspeção visual  - pinos, tampas do pino, fixações das tampas de pinos, folga, funcionamento de articulação  - pinos, tampas do pino, fixações das tampas de pinos, folga, funcionamento de articulação, funcionamento de deslizamento  - verificação visual, alinhamento, parafusos pré-tensionados, marcas de deslocamento, superfícies, chapas de zinco separadoras, funcionamento de deslizamento para arcos de aço  - verificação de pré-tensionamento dos parafusos  - verificação da superfície do cabo  - inspeção visual, deformações  - torqueamento da conexão aparafusada,  - torqueamento da conexão com o anel de cabos superior, torqueamento de parafusos  - proteção contra corrosão (visual)				
				1	2	3
					2	3
					2	3
					2	3
				sc		3
				icoi		3
				1	2	
				1	2	
				1	2	
1	2	3				






Punch List com base em relatórios de obra

- separadores de aço inoxidável ausentes





### 3.7 Verificação de documentos

#### 3.7.1 *Listas de verificação*

O escopo geral de listas de verificação pode ser baseado em orientações especificadas nos anexos C e D do código VDI RiLi 6200 - sua descrição está disponível em P.3.3.

O escopo específico de listas de verificação deve ser baseado na perfeita compreensão do sistema estrutural do Estádio Maracanã. A lista e a descrição geral do volume de inspeção são dadas em p3.6. No entanto, competência, experiência e conhecimentos relacionados com estruturas semelhantes serão decisivos para a realização correta de tarefas de inspeção.

#### 3.7.2 *Protocolos de inspeção*

Os protocolos de inspeção devem, entre outras coisas, cobrir requisitos descritos em p.3.8.1.

#### 3.7.3 *Punch List*

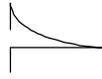
A Punch List é uma documentação do estado atual do edifício criada ao inspecionar a estrutura e que inclui todos os danos anteriormente encontrados:

- sugere-se registrar constantemente todos os danos, erros e problemas encontrados, a fim de simplificar o seu acompanhamento ao inspecionar a estrutura;
- a Punch List deve estar disponível para verificação e deve ser aplicada no seguinte relatório de inspeção técnica.

Os danos encontrados devem ser categorizados em termos de importância - por exemplo

- (A) a ser reparado imediatamente
- (B) reparação necessária
- (C) pode ser reparado / recomenda-se reparar

e o plano de reparos terá de ser aplicado de modo correspondente.



### 3.8 Condições limite

#### 3.8.1 Protocolos de inspeção

A inspeção geométrica regular do sistema estrutural primário precisa acompanhar as inspeções técnicas (tipo nº2), pelo menos uma vez por ano e tem que ser realizada para:

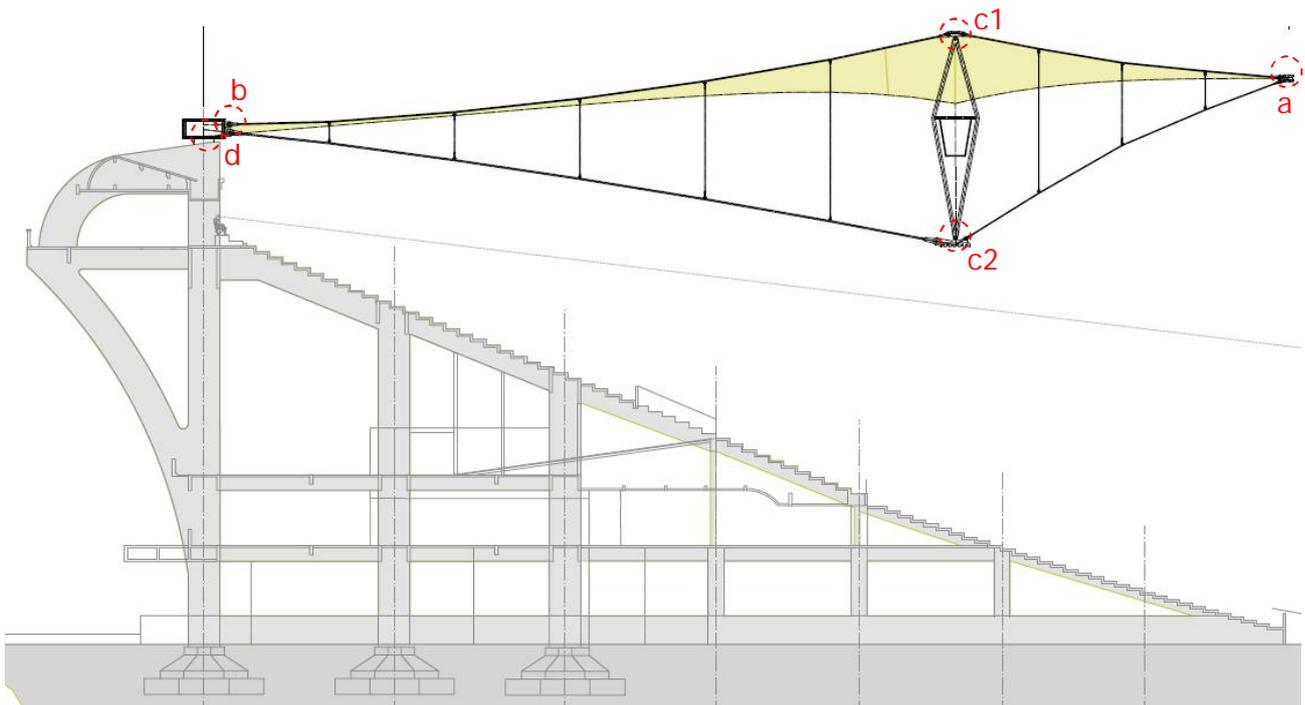
- deslocamentos verticais relativos dos alvos (coordenada "z") ligados a:
  - fundido do anel de tensão interno (TR).

Em caso de necessidade, o acompanhamento da inspeção geométrica deve ser realizado:

- geometria da estrutura primária de aço e de cabos que inclui medições de alvos (coordenadas "x", "y", "z") ligadas a:

- anel de compressão (b),
- conectores superior e inferior do anel de tensão (c1+c2),
- localização do aparelho de apoio (indicador) (d).

A posição dos alvos é apresentada no desenho abaixo:



A posição detalhada dos marcos é apresentada nas fotos abaixo:

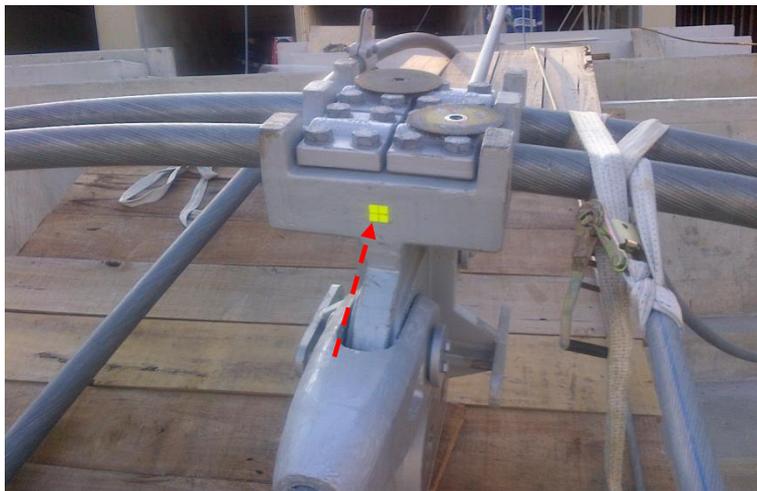
alvo - tipo (a)



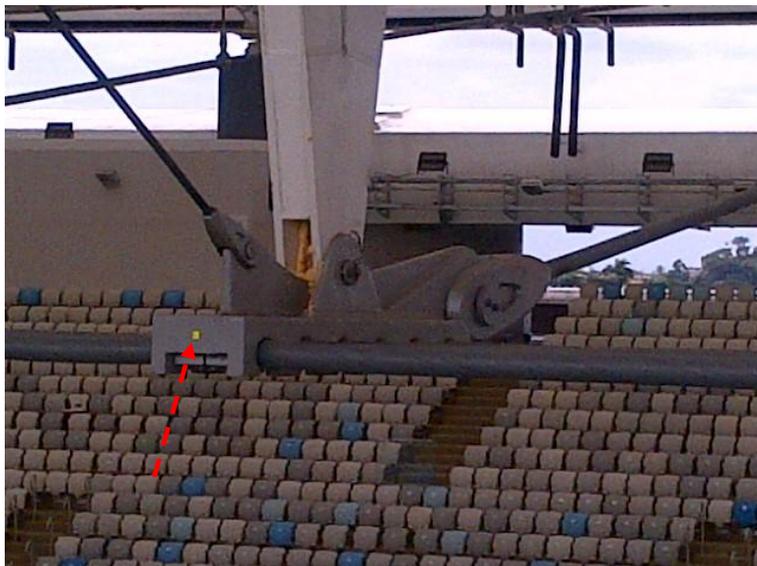
alvo - tipo (b)



alvo - tipo (c1)



alvo - tipo (c2)



alvo - tipo (d)



Os dados levantados devem ser comparados com os valores dos alvos, os quais devem corresponder com os dados da inspeção geométrica feita após a montagem final da estrutura de cabo e aço, bem como do revestimento da cobertura (dados da inspeção geométrica da estrutura concluída já em posse do cliente).

Além disso:

- os deslocamentos máximos relativos de aparelhos de apoio não devem exceder os valores especificados no relatório estrutural

OBSERVAÇÃO:



- Para maior controle, no mínimo 6 pontos fixos e medidos na área do estádio devem estar disponíveis;
- As medidas indicadas devem ser executadas com uma precisão de +/-10mm em geral e +/-2mm para a componente vertical em aparelhos de apoio;
- As medidas indicadas devem ser realizadas por um inspetor licenciado;
- Todas as medidas de estruturas de aço devem ser tomadas quando o impacto direto de baixas temperaturas/radiação solar intensa puder ser evitado. A temperatura da inspeção deve corresponder à temperatura de referência do sistema estrutural (20°C).

### 3.8.2 *Amostras de material*

Uma base de teste com 30 amostras de tiras e 2 amostras biaxiais foi criada - como parte da supervisão do trabalho de construção - com a finalidade de obter informações sobre o atual estado particular do material da membrana e a força atual da linha de junção.

Iniciando-se após dez anos, e, a partir daí, a cada dois anos, um grupo de três amostras simples de 5 cm de largura deve ser testado.

Se os resultados não forem os esperados, testes adicionais devem ser feitos.

### 3.8.3 *Certificados de materiais (consulte onde encontrar)*

Todos os certificados de materiais estão em posse do cliente.

### 3.8.4 *Controle de qualidade (consulte onde encontrar)*

Todos os documentos que confirmam a qualidade das obras de construção estão em posse do cliente e se aplicam a, entre outras coisas:

- inspeções geométricas,
- cartas confirmando a conclusão de determinada fase da construção,
- etc.

### 3.8.5 *Documentação fotográfica (consulte onde encontrar)*

O cliente efetuou registro diário de dados fotográficos de todas as obras no local da construção, durante todas as fases da construção.



## 4 Observações ao usuário

### 4.1 Modificações

Observe que:

- todas as modificações devem ser registradas no manual do edifício,
- todas as modificações técnicas da estrutura requerem a inspeção técnica posterior (tipo número 2). Deve haver avaliação se o envolvimento de um engenheiro estrutural for exigido, a fim de confirmar a conformidade com o projeto original pretendido.

### 4.2 Garantia

Toda verificação e todo reparo deve levar em conta os períodos de garantia das diferentes partes da obra.

Sugere-se a realização de inspeção técnica (tipo número 2) antes que o período de garantia expire.

### 4.3 Proteção contra corrosão

Os detalhes sobre a proteção contra a corrosão podem ser encontrados em especificação técnica, que foi apresentada ao Consórcio Maracanã.

### 4.4 Observações práticas

Observe que em caso de eventuais ocorrências fora do comum, como, por exemplo,

- parafusos ou porcas encontrados no chão/arquibancadas,
- fissuras no revestimento,
- deformações extensas da cobertura ou de um único elemento

informar urgentemente o projetista do sistema estrutural da cobertura do Estádio do Maracanã, Schlaich Bergermann und Partner.

Observe que a exposição de elementos estruturais principais e primários, mesmo a risco temporário relacionado com a organização do evento, deve ser evitada por todos os meios. Por exemplo:

- instalações de equipamentos adicionais não conformes com as permissões, etc.

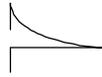


## 5 Dados e informações adicionais de inspeção

### 5.1 Desenhos estruturais

A lista completa de desenhos da proposta apresentada (fase de projeto de trabalho) está disponibilizada a seguir para consulta:

ESTÁDIO DO MARACANÃ -			PROJETO EXECUTIVO DA ESTRUTURA DA NOVA COBERTURA -		
LISTA DE DOCUMENTOS					
no.		rev.	conteúdo	escala	data de entrega
EMF-2E-30-40G-	0801	4	PLANTA	1:400	19 Out 11
EMF-2E-30-40G-	0802	5	SEÇÃO NORTE	1:100	23. Apr 12
EMF-2E-30-40G-	0803	5	SEÇÃO OESTE	1:100	23. Apr 12
EMF-2E-30-40G-	0804	4	CORTE CABO DE VALE	1:100	23. Apr 12
EMF-2E-30-40G-	0805	2	VISTAS ISOMÉTRICAS	-	30 Julho 11
EMF-2E-30-40G-	0806	2	VISTA INFERIOR	1:400	19. Out 11
EMF-2E-30-40G-	0807	6	TABELA DE POSIÇÕES/SEÇÕES	-	16. Dec 11
EMF-2E-30-40G-	0808	4	TABELA DE POSIÇÕES/SEÇÕES, CABOS	-	30 Julho 11
EMF-2E-30-40G-	0809	6	TABELA DE POSIÇÕES/CABOS	-	29. Feb 12
EMF-2E-30-40G-	0810	5	GEOMETRIA DA COBERTURA COORDENADAS 1	-	23. Apr 12
EMF-2E-30-40G-	0811	3	GEOMETRIA DA COBERTURA COORDENADAS 2	-	23. Apr 12
EMF-2E-30-40G-	0812	1	CORTE CABO DE VALE	1:100	23. Apr 12
EMF-2E-30-40G-	0813	0	GEOMETRIA DA COBERTURA COORDENADAS, WORKSHOP ANEL	-	24 Out 11
EMF-2E-30-40G-	0818	0	DETALHES, APOIO 1, 2	1:5	19. Out 11
EMF-2E-30-40G-	0819	6	ANEL DE COMPRESSÃO - DETALHES, CABO DO VALE	1:10	09. Jan 12
EMF-2E-30-40G-	0820	5	ANEL DE COMPRESSÃO - INFORMAÇÃO GERAL	1:400	10. Jan 12
EMF-2E-30-40G-	0821	13	ANEL DE COMPRESSÃO - DETALHES, APOIO 1	1:10	20. Feb 12
EMF-2E-30-40G-	0822	12	ANEL DE COMPRESSÃO - DETALHES, APOIO 1	1:10	17. Feb 12
EMF-2E-30-40G-	0823	7	CONECTOR DOS CABOS DO ANEL SUPERIOR	1:5/2	21. Dec 11
EMF-2E-30-40G-	0824	7	CONECTOR DOS CABOS DO ANEL INFERIOR	1:5/2	12. Dec 11
EMF-2E-30-40G-	0825	5	CONECTOR DOS CABOS DO ANEL INTERNO	1:5/2	14. Nov 11
EMF-2E-30-40G-	0826	3	CONECTOR DOS CABOS DO ANEL INTERNO (CABO DO VALE)	1:5/2	14. Nov 11
EMF-2E-30-40G-	0827	3	GRAMPO, D=35	1:1	14. Nov 11
EMF-2E-30-40G-	0828	3	GRAMPO, D=55/60	1:1	14. Nov 11
EMF-2E-30-40G-	0829	3	GRAMPO, D=85/95	1:1	14. Nov 11
EMF-2E-30-40G-	0830	3	GRAMPO, D=55/65	1:1	14. Nov 11
EMF-2E-30-40G-	0831	4	GRAMPO, D=110	1:1	27. Feb 12
EMF-2E-30-40G-	0833	0	CASTING INSPECTION	1:5/2	14. Nov 11
EMF-2E-30-40G-	0837	6	MASTRO SUSPENSO	1:25 / 1:5	24 Out 11
EMF-2E-30-40G-	0840	3	MEMBRANA, DETALHES 7	1:5 / 1:10 / 1:20	16. Dec 11
EMF-2E-30-40G-	0841	3	MEMBRANA, DETALHES 1	1:5 / 1:10 / 1:20	11. Jan 12
EMF-2E-30-40G-	0842	4	MEMBRANA, DETALHES 2	1:5 / 1:10 / 1:20	07. Feb 12
EMF-2E-30-40G-	0843	2	MEMBRANA, DETALHES 3	1:5 / 1:10 / 1:20	15. Dec 11
EMF-2E-30-40G-	0844	5	MEMBRANA, DETALHES 4	1:5 / 1:10 / 1:20	11. Jan 12
EMF-2E-30-40G-	0845	4	MEMBRANA, DETALHES 5	1:5 / 1:10 / 1:20	27. Dec 11
EMF-2E-30-40G-	0846	2	MEMBRANA, DETALHES 6	1:5 / 1:10 / 1:20	15. Dec 11
EMF-2E-30-40G-	0847	2	MEMBRANA, DETALHES	1:5 / 1:10 / 1:20	16. Dec 11
EMF-2E-30-40G-	0848	2	MEMBRANA, PONTA	1:5 / 1:10 / 1:20	17. Jan 12
EMF-2E-30-40G-	0849	4	MEMBRANA, FUNIL	1:5 / 1:10 / 1:20	09. Mai 12



EMF-2E-30-40G-	0850	3	PASSARELA TANG.	1:400 / 1:50 / 1:10	18. Jan 12
EMF-2E-30-40G-	0851	5	PASSARELA RAD.	1:400 / 1:50 / 1:10	19. Mrz 12
EMF-2E-30-40G-	0852	3	PASSARELA TANG. DETALHES	1:1 / 1:10	29. Feb 12
EMF-2E-30-40G-	0853	6	PASSARELA DETALHES	1:1 / 1:10	13. Jun 12
EMF-2E-30-40G-	0854	5	PASSARELA DETALHES	1:1 / 1:10	29. Feb 12
EMF-2E-30-40G-	0855	1	MEMBRANA, PONTA COM REVESTIMENTO	1:5 / 1:10 / 1:20	02. Apr 12
EMF-2E-30-40G-	0856	1	PASSARELA TECNICA	1:150	20. Jan 12
EMF-2E-30-40G-	0857	2	PASSARELA INT.	1:20 / 1:100	16. Apr 12
EMF-2E-30-40G-	0858	0	DRAINAGE / MEDIA - LAYOUT PROPOSAL	1:150	20. Jan 12
EMF-2E-30-40G-	0859	0	CATWALK CLADDING	1:20	20. Jan 12
EMF-2E-30-40G-	0860	0	PROPOSTA DE MONTAGEM	1:400 / 1:300 / 1:50	30 Julho 11
EMF-2E-30-40G-	0861	3	DRENAGEM 1	1:25 / 1:50	22. Jun 12
EMF-2E-30-40G-	0862	2	DRENAGEM 2-2	1:25 / 1:100	22. Jun 12
EMF-2E-30-40G-	0863	1	DRENAGEM 2-3	1:50	17. Feb 12
EMF-2E-30-40G-	0864	1	DRENAGEM 2-4	1:50	17. Feb 12
EMF-2E-30-40G-	0865	1	DRENAGEM 2-5	1:50	17. Feb 12
EMF-2E-30-40G-	0866	1	DRENAGEM 2-6	1:50	17. Feb 12
EMF-2E-30-40G-	0867	1	DRENAGEM 2-7	1:25 / 1:100	17. Apr 12
EMF-2E-30-40G-	0869	3	CATWALK TO VIDEO SCREEN	1:5 / 1:25	11. Jun 12
EMF-2E-30-40G-	0890	0	DRAINAGE / MEDIA - LAYOUT PROPOSAL 2	1:2,5 / 1:10 / 1:100	18. Okt 12
EMF-2E-30-40G-	0891	0	STEEL COVER FLAP	1:10 / 1:20	19. Okt 12
EMF-2E-30-40G-	0897	0	ESCADA DE ACESSO DETALHES	1:5	21. Jan 13
EMF-2E-30-40G-	0898	1	ESCADA DE ACESSO	1:20 / 1:50 / 1:400	21. Jan 13
EMF-2E-30-40G-	0899	1	CASTING INSPECTION LRCC	1:2 / 1:5	10. Jan 13
	001	0	PHOTOVOLTAICS SUB-STRUCTURE - OVERVIEW	1:2 / 1:25	25. Apr 12
	002	1	PHOTOVOLTAICS SUB-STRUCTURE	1:5 / 1:25	20. Jun 12
	003	0	PHOTOVOLTAICS SUB-STRUCTURE - CONNECTION DETAIL	1:2 / 1:25	25. Apr 12
	004	1	PHOTOVOLTAICS SUB-STRUCTURE - CLADDING	1:5 / 1:25	20. Jun 12

### 5.1.1 *Desenhos gerais*

Informações gerais sobre os elementos estruturais podem ser encontradas em desenhos gerais (fase de projeto) - o conjunto completo de desenhos estruturais da estrutura de aço e cabos da cobertura já foi apresentado ao cliente juntamente com outros documentos da proposta e está em posse do cliente.

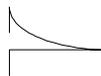
Além disso, para simplificar a compreensão da estrutura e acelerar o processo de busca de dados, no capítulo 2, p.2.1.4, é possível encontrar tabelas com os elementos estruturais e desenhos relacionados.

### 5.1.2 *Desenhos de elementos*

Os desenhos de elementos devem ser consultados nos desenhos de fabricação da estrutura de cabos e aço da cobertura.

Observe que os desenhos aprovados do projetista garantem a fabricação correta e montagem de elementos estruturais e, portanto, somente desenhos aprovados devem ser tomados como referência.

Um conjunto completo de desenhos de fabricação para a estrutura de aço e cabos da cobertura pode ser encontrado no anexo (DVD).



## 5.2 Hipóteses de carga

### 5.2.1 Observações gerais

Abaixo estão informações detalhadas sobre hipóteses de carga feitas para a análise estrutural.

A fim de limitar o volume do documento, abaixo está a descrição de:

- cargas permanentes de elementos substituíveis selecionados
- cargas de serviços,
- cargas dinâmicas,

enquanto:

- cargas permanentes de elementos estruturais
- pré-tensionamento
- imperfeições,
- deslocamentos,
- efeitos sumários,
- variações das propriedades dos materiais

são descritos no Relatório estrutural, Capítulo 1.

### 5.2.2 Carga permanente da estrutura primária - carga permanente do sistema

Todas as cargas permanentes de elementos estruturais primários são consideradas pela aplicação de seções transversais combinadas com as propriedades dos materiais dentro do programa (ver definição de módulo AQUA).

descrição		carga do sistema		carga permanente	carga permanente
		pré-tensionamento	peso próprio	detalhes, soquetes castings, passarelas	luzes, cabearmento, alto- falantes, telas de video
insp.	P	DL	DL	DL	DL
no.		EG	10	11	

Dentro do software FE - todos os elementos vão de nó do sistema a nó do sistema. Com a seção transversal e propriedades dos materiais, todas as cargas permanentes de componentes estruturais são determinadas.

Para aço estrutural, a carga permanente adicional de conexões padrão é considerada por um aumento da quantidade de aço de 7%.



Detalhes extraordinários de aço estrutural são considerados com cargas nodais adicionais (por exemplo, nós de cabo de aço fundido).

**Caso de carga LC 10:**

peças adicionais da estrutura de aço

- fundições do cabo do anel

para TR superior: 60 x 6 kN

para TR inferior: 60 x 14 kN

para TR interior: 60 x 6,5 kN

para VTR interno: 60 x 3,5 kN

- soquetes de cabos

todos os cabos radiais são aplicados com soquetes em ambas as extremidades.

Os cabos do anel de tensão são aplicados com conectores de cabos do anel nas respectivas conexões.

Quantidade total de 893 kN

- chapas frontais do anel de compressão

cada articulação é carregada com 45 kN

eixos 1-6, 25-36, 55-60 são adicionalmente carregados com 60 kN para o preenchimento de concreto (o peso tem a função de evitar forças de soerguimento nos aparelhos de apoio)

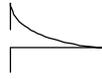
- passarelas

assume-se que a passarela circunferencial esteja com 3,0 kN/m,

as passarelas de acesso, com 3,0 kN/m

(apenas o peso da estrutura, sem equipamento)



**Caso de carga LC 11:**

equipamentos permanentes (luz, som, etc.)

- luzes e cabeamento

na passarela circunferencial: 1,0 kN/m

na passarela de acesso: 1,5 kN/m

- passarela interna

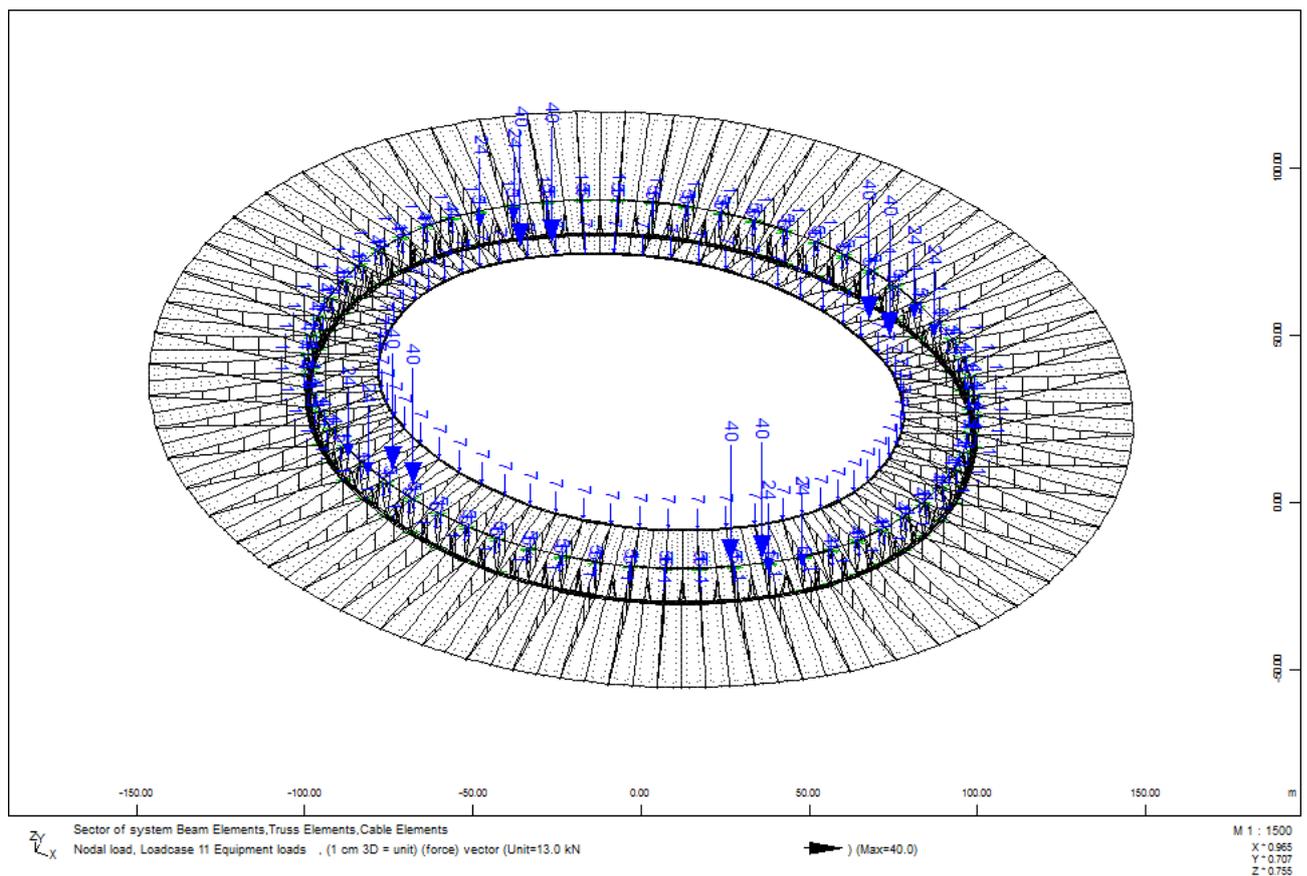
peso próprio + projetor 1,0 kN/m

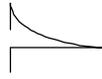
- PAS

60 alto-falantes, cada um com 1,0 kN, atuando no nó superior TR

- Tela de vídeo

4 peças, cada uma com 8 kN, atuando no segundo nó do cabo radial inferior dianteiro





### 5.2.3 Cargas de evento

#### Caso de carga LC 12:

cargas de eventos (equipamento adicional para cerimônias de abertura, etc.)

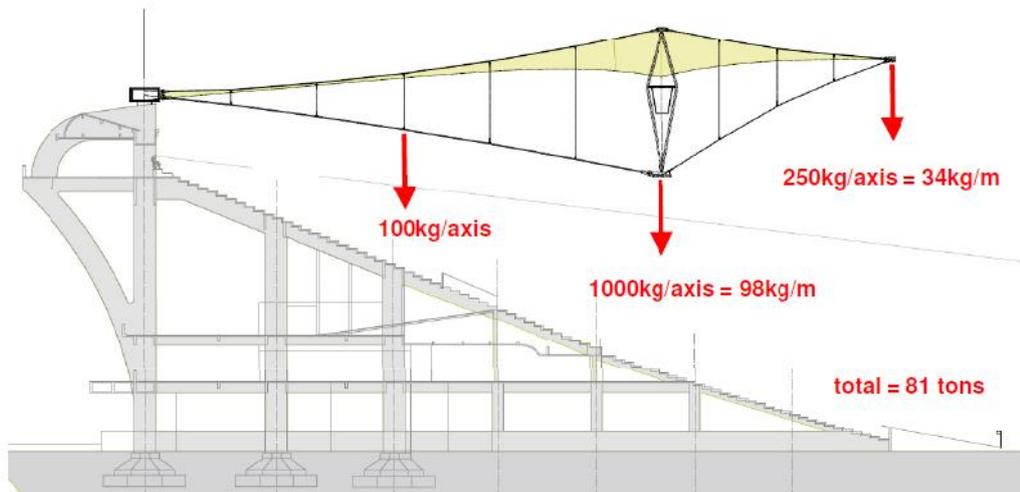
apenas aplicado temporariamente; deve ser retirado após evento!

- luzes/som e cabeamento, etc.

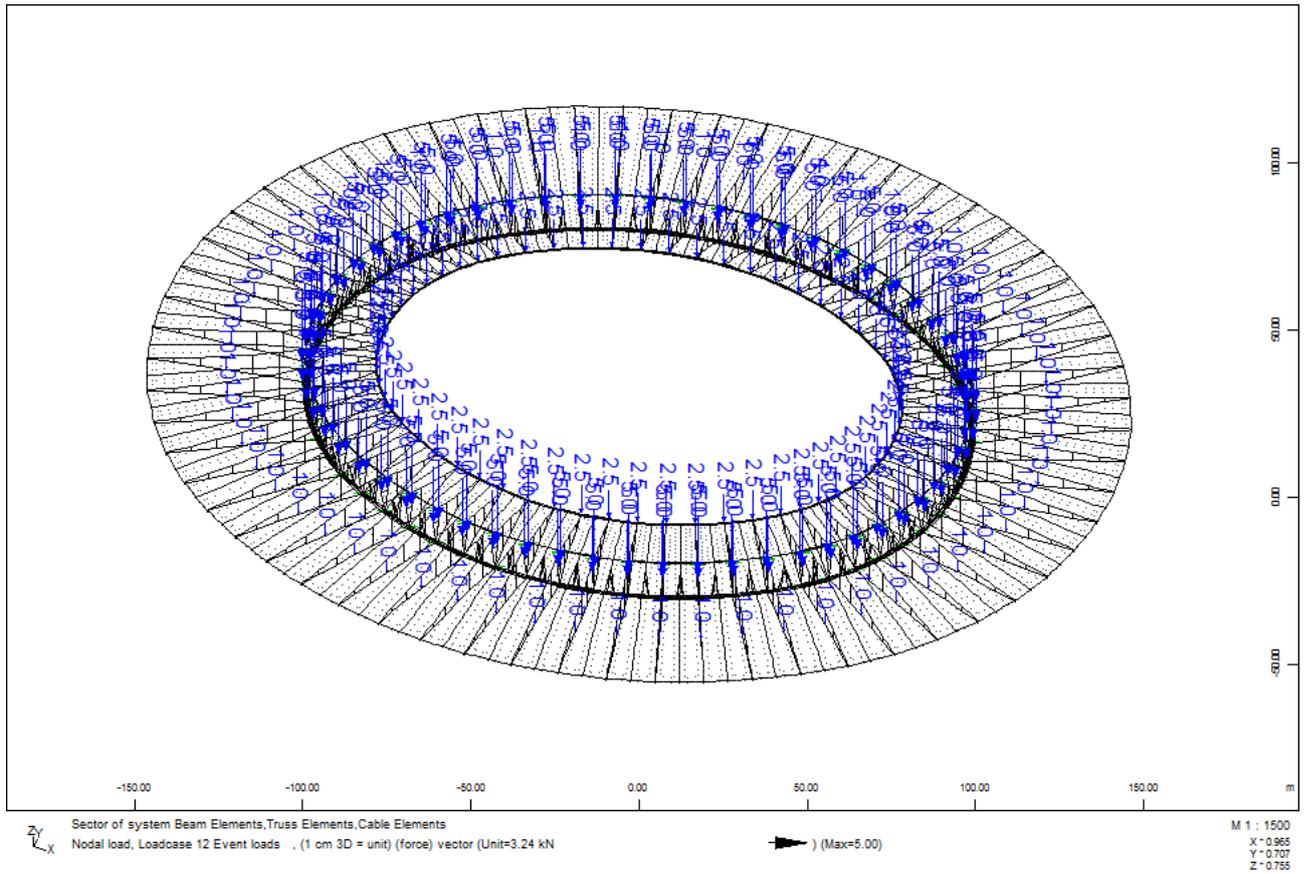
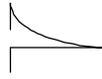
cada nó do anel de tensão interno 250 kg: 60 x 2,5 kN

cada módulo da passarela 1,000 kg: 60 x 10,0 kN

terceiro nó inferior de cada treliça de cabos 100 kg: 60 x 1,0 kN



temporary event loads (ceremonies etc.)

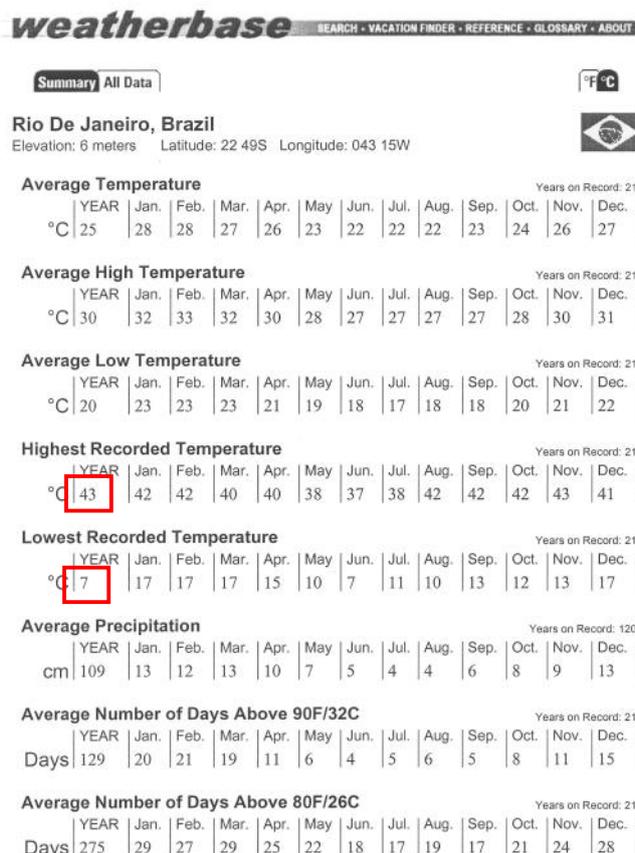




### 5.2.4 Cargas térmicas

A metodologia de aplicação de cargas térmicas é feita a partir da norma EN 1991-1-5. A estrutura da cobertura e do estádio vai, portanto, ser submetida a um aumento/queda constante de temperatura.

As temperaturas máximas e mínimas medidas para o Rio de Janeiro, Brasil, dentro de um amplo período de tempo é de  $T_{min} = 7^{\circ}C$  e  $T_{max} = 43^{\circ}C$ . Estes dados climáticos foram retirados de 'Weatherbase.com' e são baseado em dados registrados por mais de 21 anos.



O aumento e a queda constantes de temperatura para a estrutura de rede de cabos são, portanto, os seguintes:

Table 5.2: Indicative temperatures  $T_{out}$  for buildings above the ground level

Season	Significant factor		Temperature $T_{out}$ in $^{\circ}C$
Summer	Relative absorptivity depending on surface colour	0,5 bright light surface	$T_{max} + T_3$
		0,7 light coloured surface	$T_{max} + T_4$
		0,9 dark surface	$T_{max} + T_5$
Winter			$T_{min}$

NOTE: Values of the maximum shade air temperature  $T_{max}$ , minimum shade air shade temperature  $T_{min}$ , and solar radiation effects  $T_3$ ,  $T_4$ , and  $T_5$  may be specified in the National Annex. If no data are available for regions between latitudes 45°N and 55°N the values  $T_3 = 0^{\circ}C$ ,  $T_4 = 2^{\circ}C$ , and  $T_5 = 4^{\circ}C$  are recommended, for North-East facing elements and  $T_3 = 18^{\circ}C$ ,  $T_4 = 30^{\circ}C$ , and  $T_5 = 42^{\circ}C$  for South-West or horizontal facing elements.

Superfície colorida com cores claras

$$T_{out} = T_{max} + T_4 = 43^{\circ} + 30^{\circ} = 73^{\circ}C$$

$$T_{in} = T_{max} = 43^{\circ}C$$



NOTE 2: When elements of one layer are considered and when the environmental conditions on both sides are similar,  $T$  may be approximately determined as the average of inner and outer environment temperature  $T_{in}$  and  $T_{out}$ .

Temperatura do elemento:  $T_{e,max out} = 73^{\circ}C$

$T_{e,max in} = 43^{\circ}C$

$T_{e,min} = 7^{\circ}C$

**Average High Temperature**

YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
$^{\circ}C$ 30	32	33	32	30	28	27	27	27	27	28	30	31

Years on Record: 21

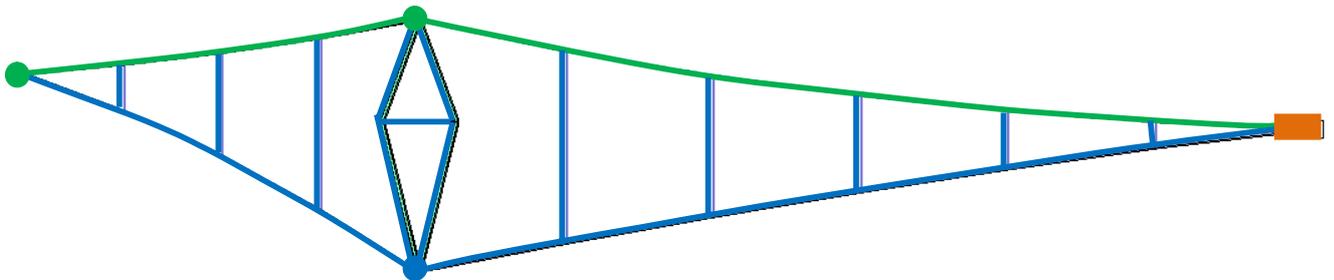
**Average Low Temperature**

YEAR	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
$^{\circ}C$ 20	23	23	23	21	19	18	17	18	18	20	21	22

Years on Record: 21

A temperatura de referência do edifício esperada é de  $T_0 = 20^{\circ}$ . Essa temperatura deve ser considerada durante a fabricação de cabo e aço.

Aumento da temperatura  $\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0 = 43^{\circ} - 20^{\circ} = 23K$



**3 diferentes aumentos de temperatura são aplicados.**

- 1. Cabos radiais superiores, anel de tensão interno, anel de tensão superior (diretamente expostos ao sol)  
 $73^{\circ} - 20^{\circ} = 53K$
- 2. Cabos radiais inferiores, anel de tensão inferior, cabos de suspensão, passarela (não diretamente expostos ao sol)  
 $43^{\circ} - 20^{\circ} = 23K$
- 3. Anel de compressão (exposição ao sol)  
 $73^{\circ} - 20^{\circ} = 53K$   
 $\Delta T = 18 \cdot 0,7 = 13K$  (curvatura)



Table 6.1: Recommended values of linear temperature difference component for different types of bridge decks for road, foot and railway bridges

Type of Deck	Top warmer than bottom	Bottom warmer than top
	$\Delta T_{M,heat}$ (°C)	$\Delta T_{M,cool}$ (°C)
Type 1: Steel deck	18	13
Type 2: Composite deck	15	18
Type 3: Concrete deck: - concrete box girder - concrete beam - concrete slab	10 15 15	5 8 8

NOTE 1: The values given in the table represent upper bound values of the linearly varying temperature difference component for representative sample of bridge geometries.  
NOTE 2: The values given in the table are based on a depth of surfacing of 50 mm for road and railway bridges. For other depths of surfacing these values should be multiplied by the factor  $k_{sur}$ . Recommended values for the factor  $k_{sur}$  is given in Table 6.2.

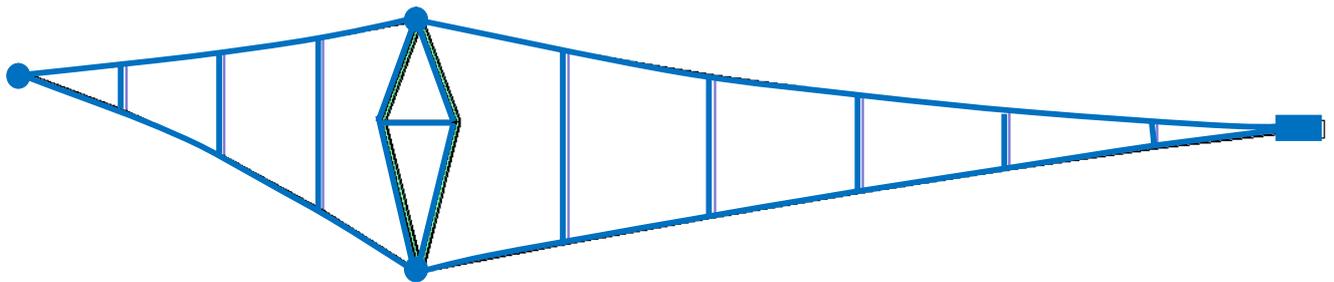
Table 6.2: Recommended values of  $k_{sur}$  to account for different surfacing thickness

Road, foot and railway bridges						
Surface Thickness	Type 1		Type 2		Type 3	
	Top warmer than bottom	Bottom warmer than top	Top warmer than bottom	Bottom warmer than top	Top warmer than bottom	Bottom warmer than top
[mm]	$k_{sur}$	$k_{sur}$	$k_{sur}$	$k_{sur}$	$k_{sur}$	$k_{sur}$
unsurfaced	0,7	0,9	0,9	1,0	0,8	1,1
water-proofed <sup>1)</sup>	1,6	0,6	1,1	0,9	1,5	1,0
50	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100	0,7	1,2	1,0	1,0	0,7	1,0
150	0,7	1,2	1,0	1,0	0,5	1,0
ballast (750 mm)	0,6	1,4	0,8	1,2	0,6	1,0

<sup>1)</sup> These values represent upper bound values for dark colour

**Queda de temperatura**

$$\Delta T_{N,con} = T_{e,min} - T_0 = -(20^\circ - 7^\circ) = -13K$$



- 1. Para queda de temperatura, todos os elementos são carregados com uma queda de temperatura uniforme de -13K

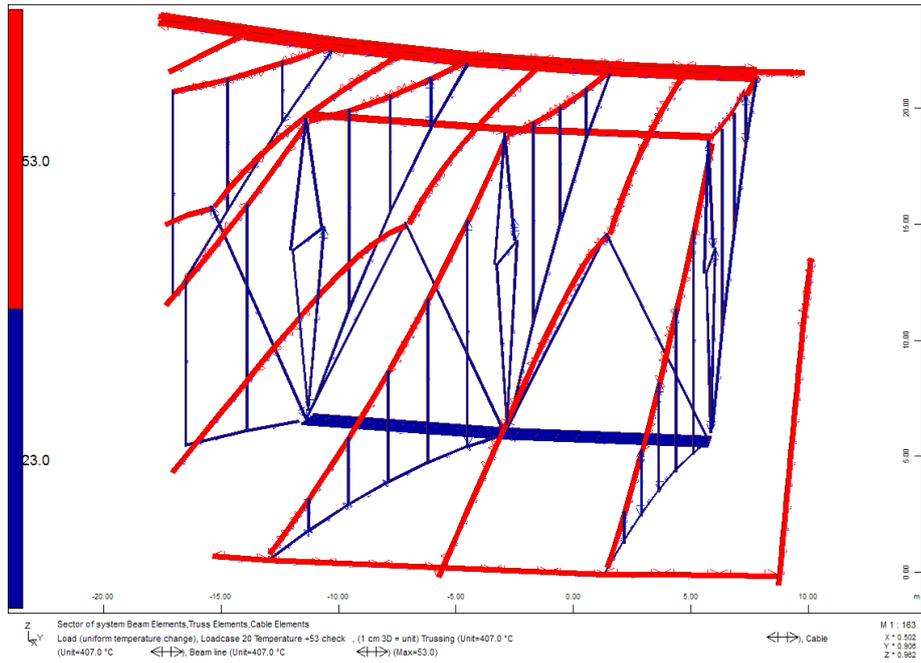
**Caso de carga LC 20-21:**

LC 20:

todos os cabos superiores + anel de compressão +53 K

todos os cabos inferiores + mastro suspenso: +23 K

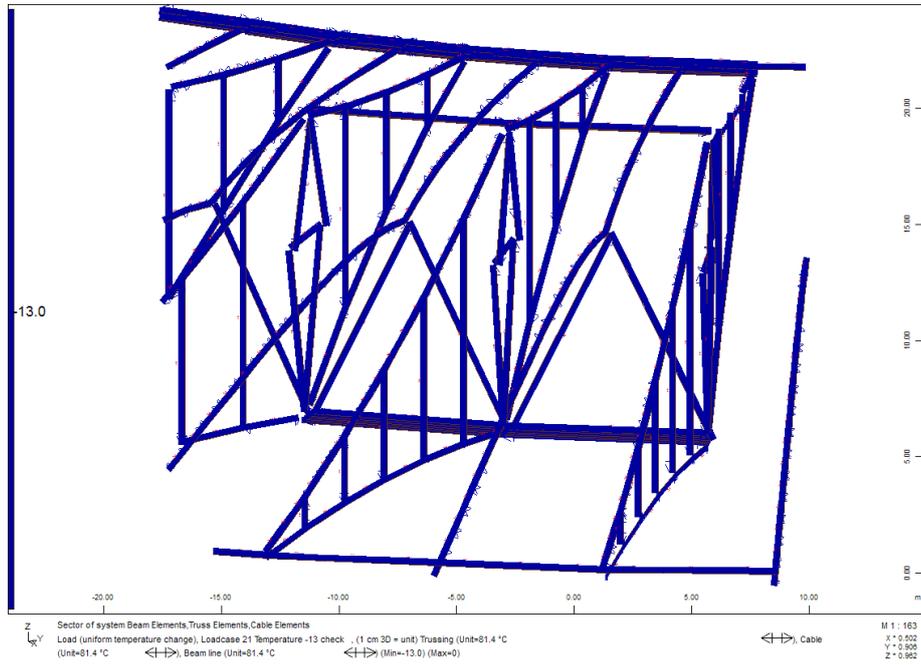
e diferença de temperatura no anel de compressão 13 K na direção z (superfície inferior 13K mais frio do que a superfície superior).



LC 21:

todos os elementos:

-13 K





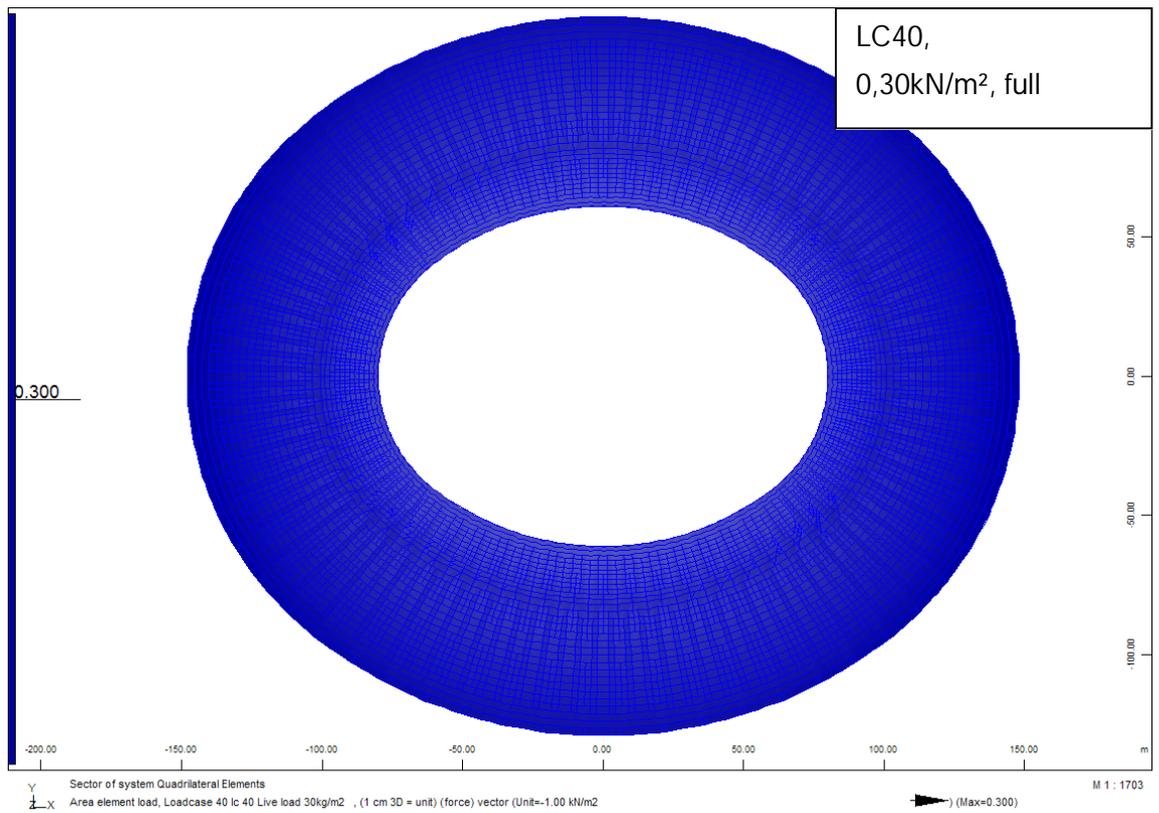
### 5.2.5 Cargas acidentais

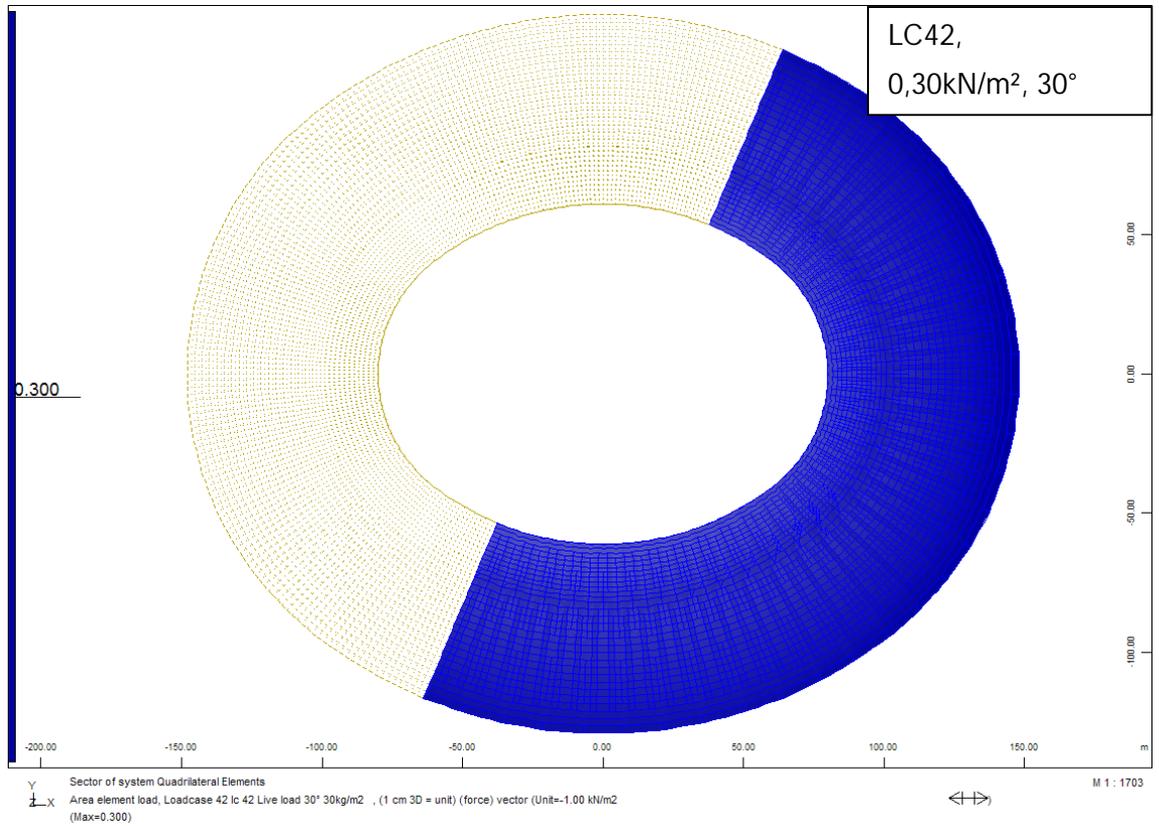
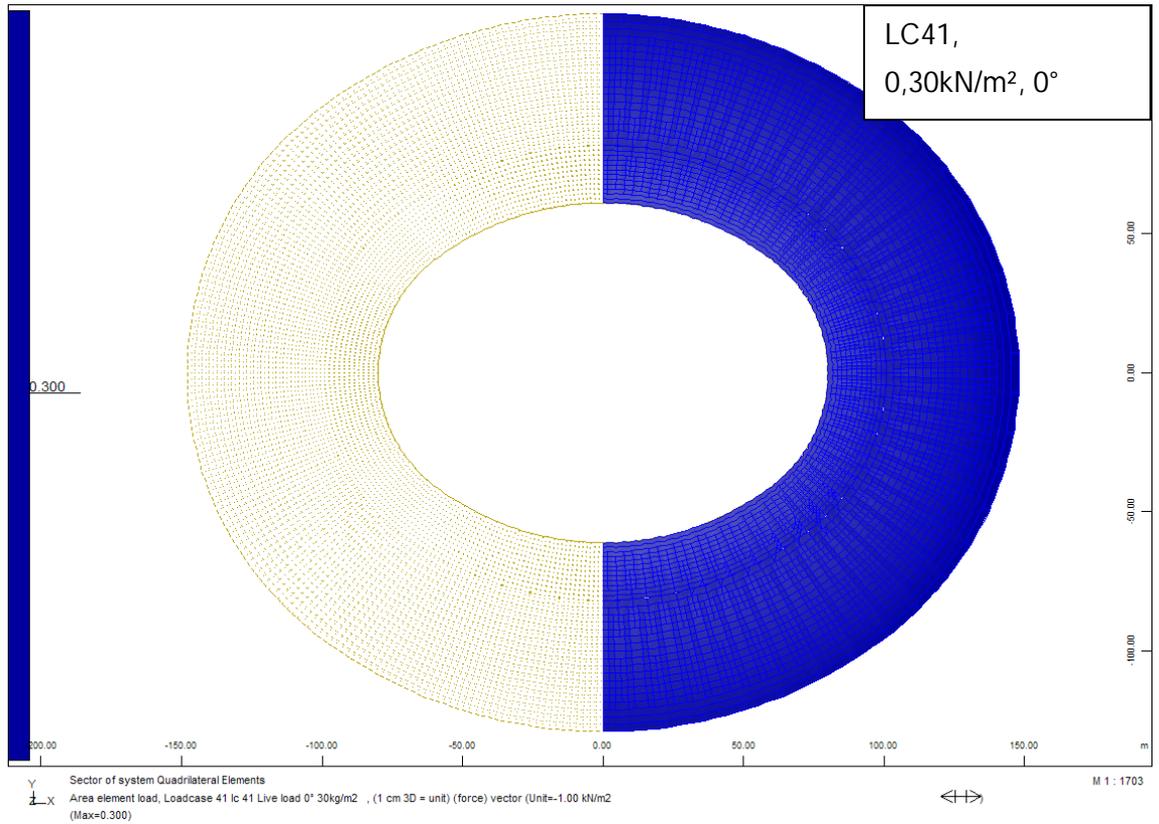
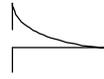
#### Caso de carga LC 40-44:

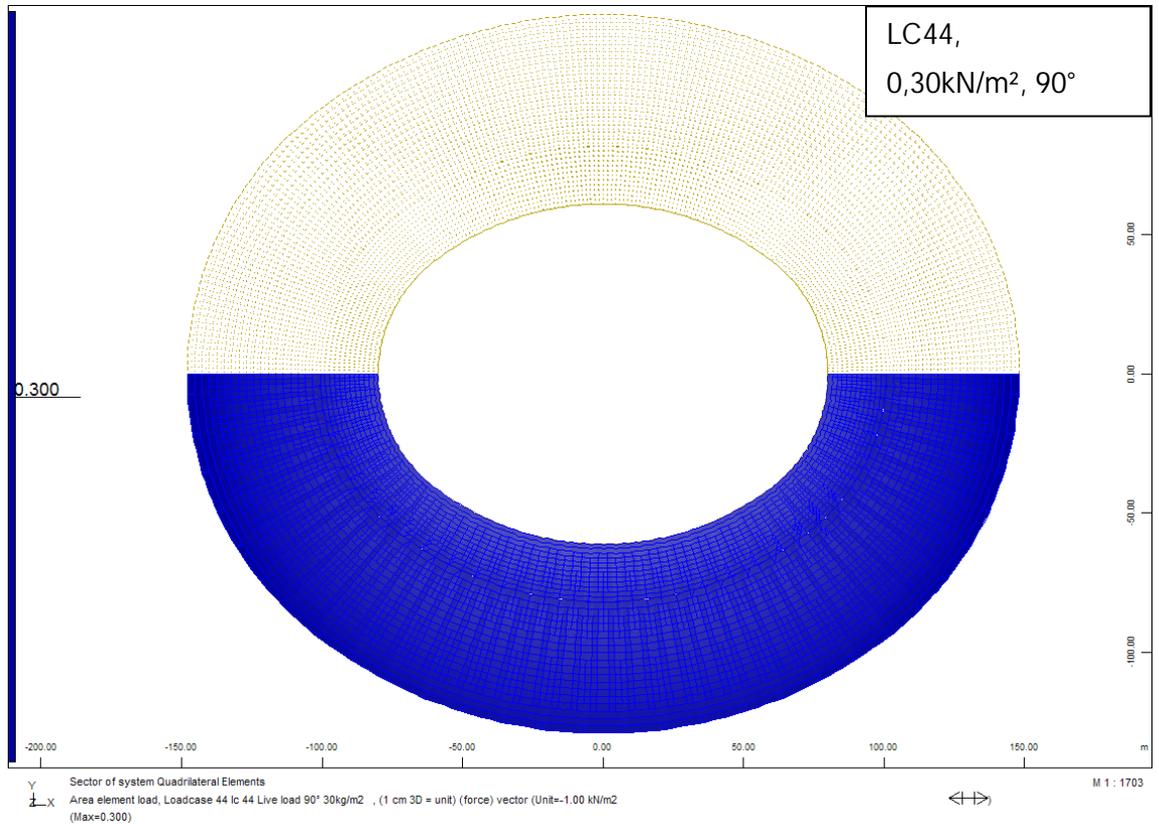
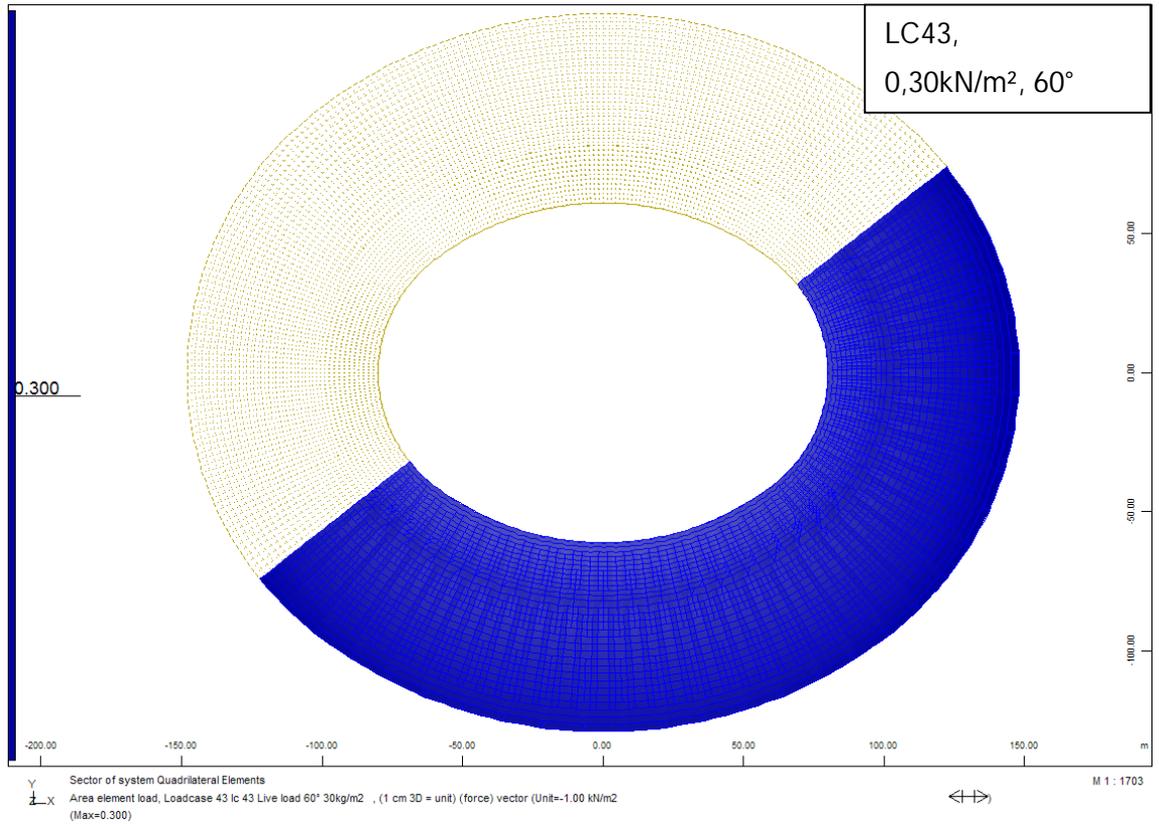
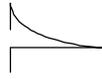
carga acidental distribuída: 0,30 kN/m<sup>2</sup>

peso da água de + 0,5 kN/m nas tubulações de drenagem que atuam nas passarelas circunferenciais e de acesso

agindo na direção global z









### 5.2.6 Cargas de vento

A velocidade do vento é calculada de acordo com o código brasileiro local. O valor característico da ação do vento é determinado considerando-se os seguintes parâmetros.

NBR 6123 - 1988

Velocidade básica do vento  $v_{b,0}$ : 35 m/s

Categoria do terreno: IV (área com densa cobertura de obstáculos; terreno suburbano ou industrial)

Classificação de estrutura: III (estrutura com dimensão horizontal ou vertical principal >50m)

Fator de topografia S1: 1,0 (terreno plano ou pequenas rampas)

Fator de velocidade do vento com a norma NBR 6123 S2: será calculado de acordo

Fator de estatística S3: 1.0 (Edifícios com alta ocupação)

Cargas de vento detalhadas são desenvolvidas no teste de túnel de vento. O teste no túnel de vento inclui condições básicas da norma NBR 6123-2004

#### Caso de carga LC 131-150:

carga de vento de acordo com relatório de túnel de vento.

Quatro direções do vento: 0°, 30°, 60°, 90°

para cada direção do vento, um comportamento limitante para sucção e pressão

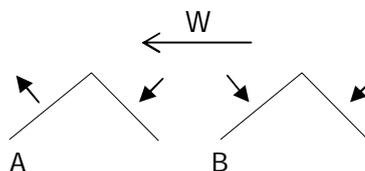
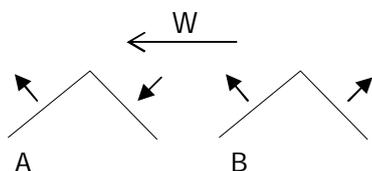
para cada comportamento limitante, dois casos:

um, em que as dobras são aplicadas com pressão/sucção (indicadas por "A")

um, em que as dobras são aplicadas com sucção ou pressão apenas, dependendo se trata de um limite de sucção ou um limite de pressão (indicado por "B"):

caso de carga de sucção

caso de carga de pressão



Isso resulta no total de 16 casos de carga de vento + outro com uma pressão total de 0,15 kN/m<sup>2</sup>, conforme sugestão dos especialistas em túnel de vento.

A direção local z dos elementos da membrana aponta para cima, isso é, a sucção é uma carga positiva, a pressão é uma carga negativa.

Os testes de túnel de vento foram realizados para duas condições de fronteira diferentes:

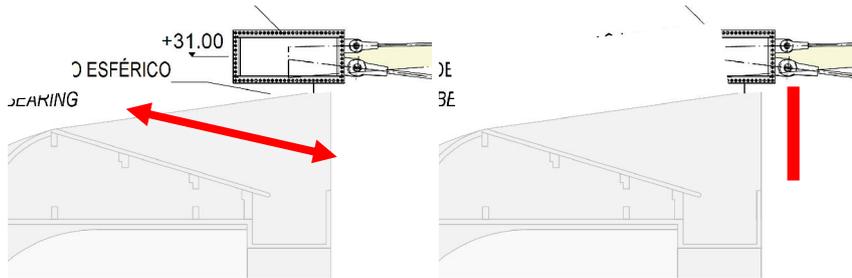
1) O primeiro modelo considera uma lacuna entre o anel de compressão e a estrutura de concreto embaixo, que permanece aberta e permite um fluxo de ar livre através desta passagem.



2) Embora o projeto atual preveja um espaço aberto, uma investigação adicional foi realizada para avaliar a influência de um eventual fechamento às cargas de vento.

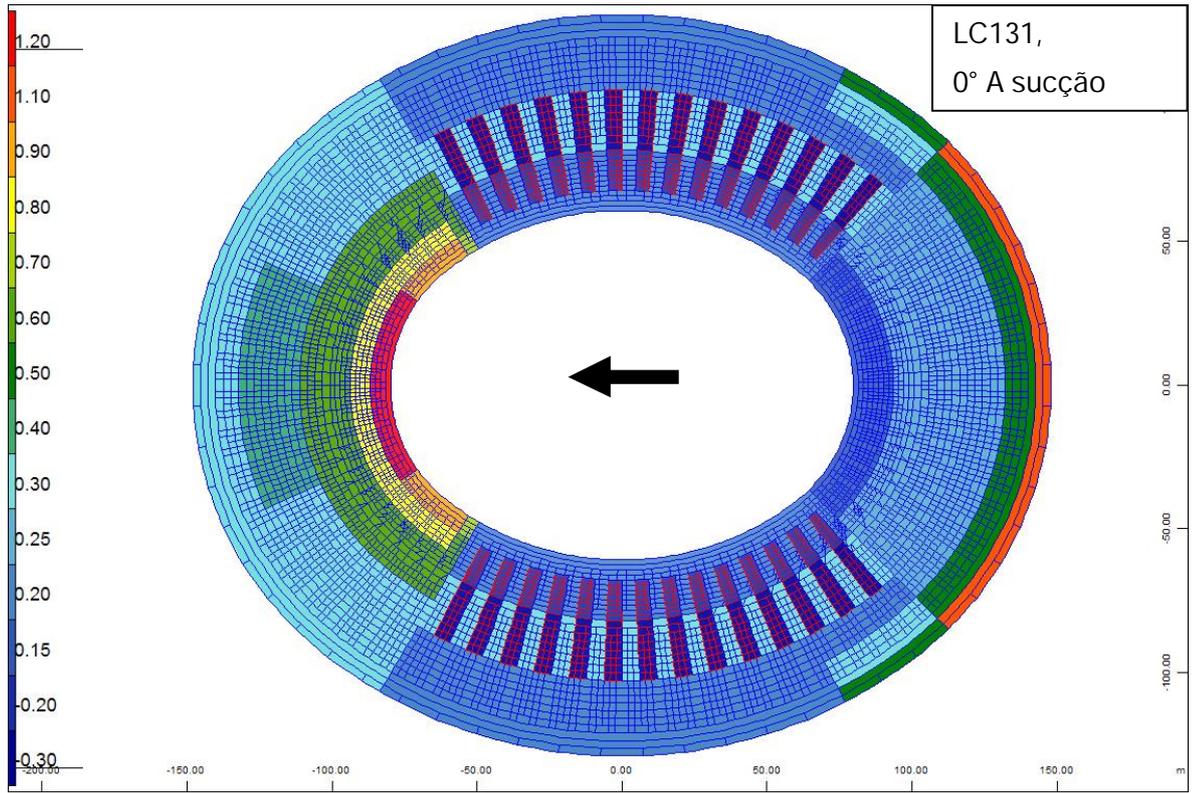
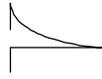
Descobriu-se que o segundo caso oferece cargas menos prováveis para elevação (sucção). Por força descendente (pressão), ambos os casos são idênticos.

todos os casos de carga de sucção usados para o cálculo, por conseguinte, são tomadas a partir da posição fechada.



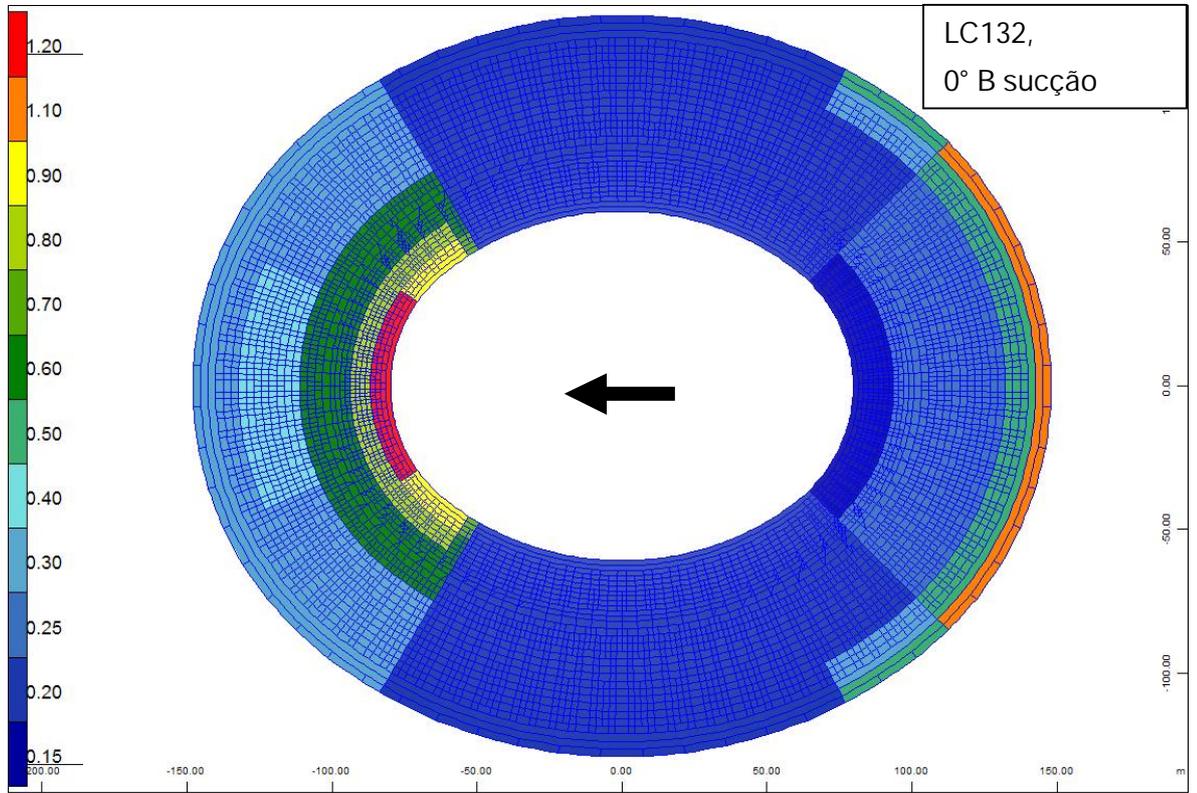
espaço aberto = fluxo de ar livre

espaço fechado



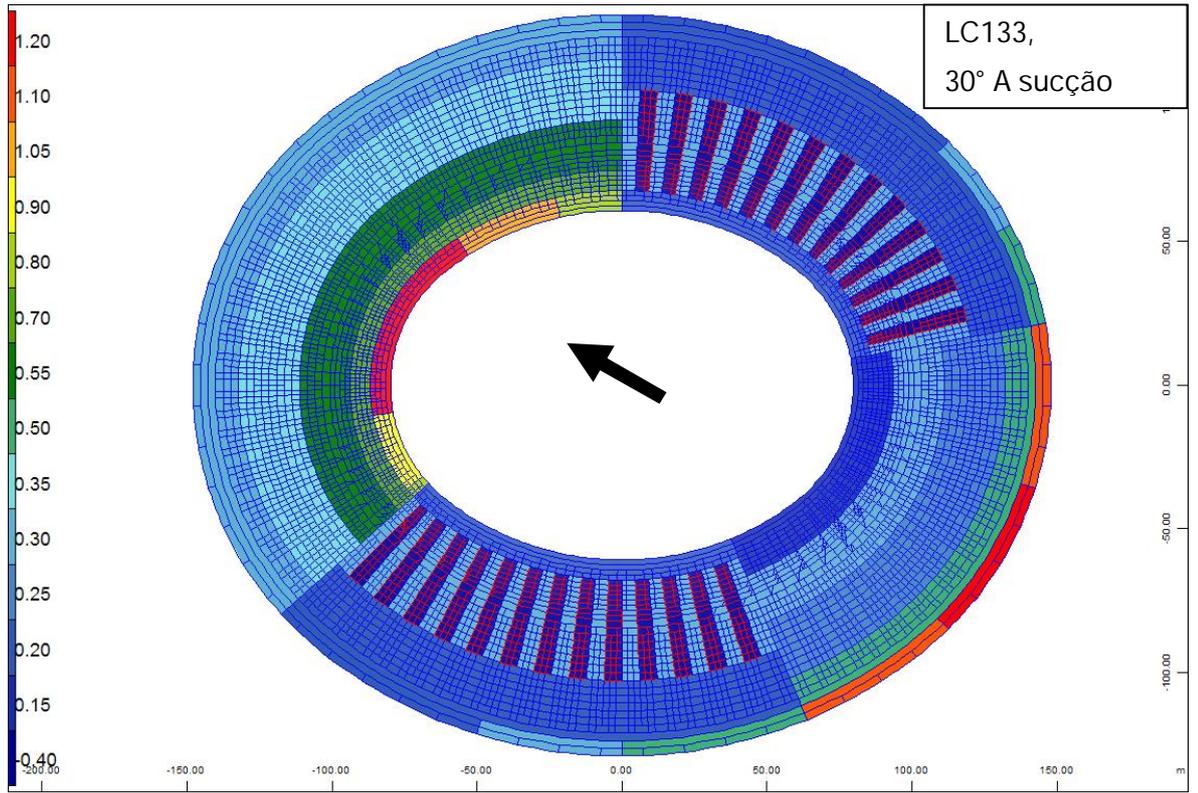
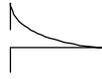
Sector of system Quadrilateral Elements  
Area element load in local z, Loadcase 131 Wind A suction 0° , (1 cm 3D = unit) Area element load (force) in local z  
(Unit=-1.00 kNm2) (Min=-0.300) (Max=1.20)

M 1 : 1703



Sector of system Quadrilateral Elements  
Area element load in local z, Loadcase 132 Wind B suction 0° , (1 cm 3D = unit) Area element load (force) in local z  
(Unit=-1.00 kNm2) (Max=1.20)

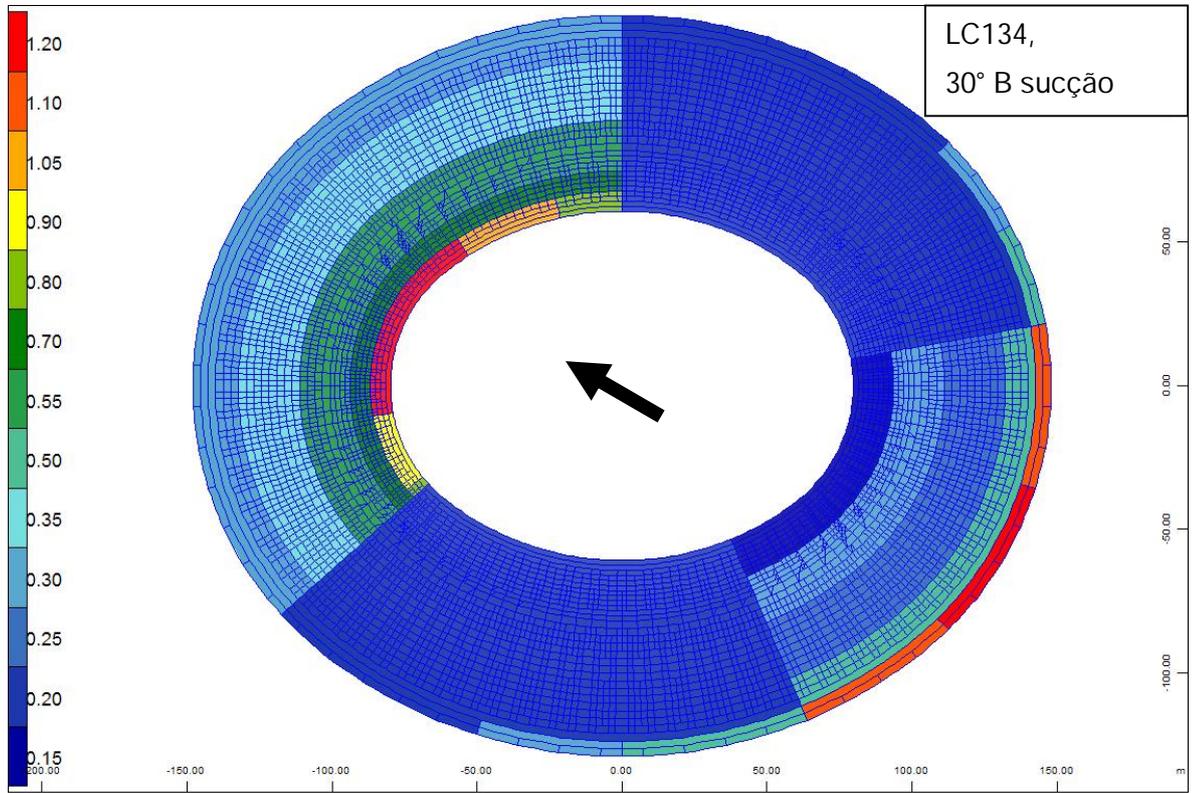
M 1 : 1703



LC133,  
30° A sucção

Sector of system Quadrilateral Elements  
Area element load in local z, Loadcase 133 Wind A Suction 30° , (1 cm 3D = unit) Area element load (force) in local z  
(Unit=-1.00 kNm/m2) (Min=-0.400) (Max=1.20)

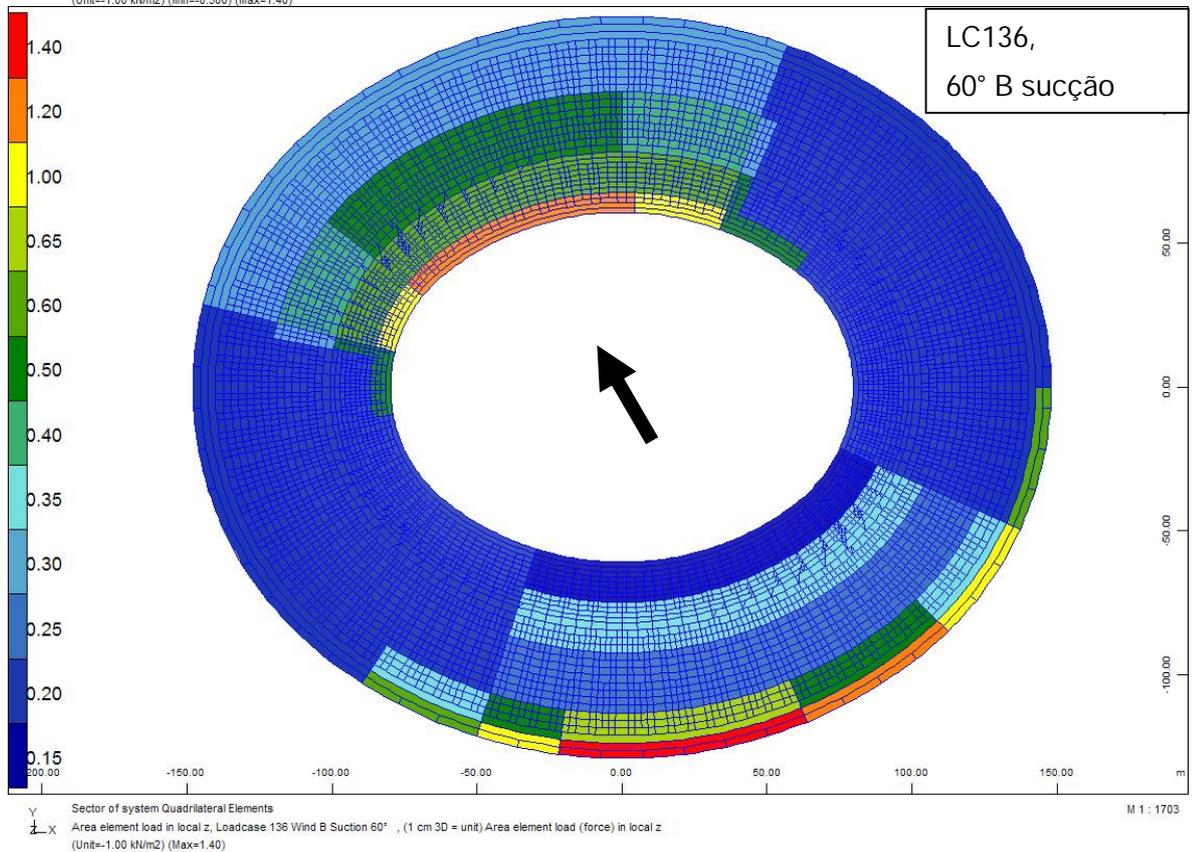
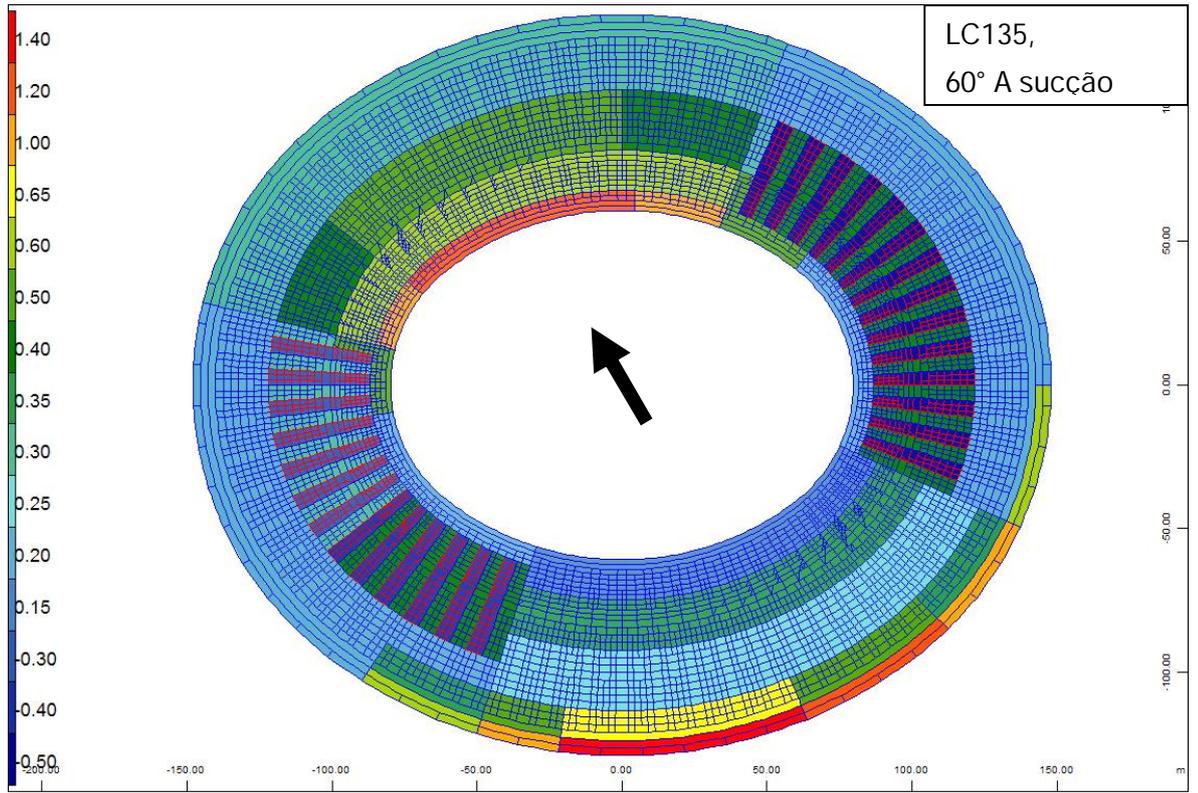
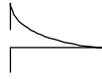
M 1 : 1703

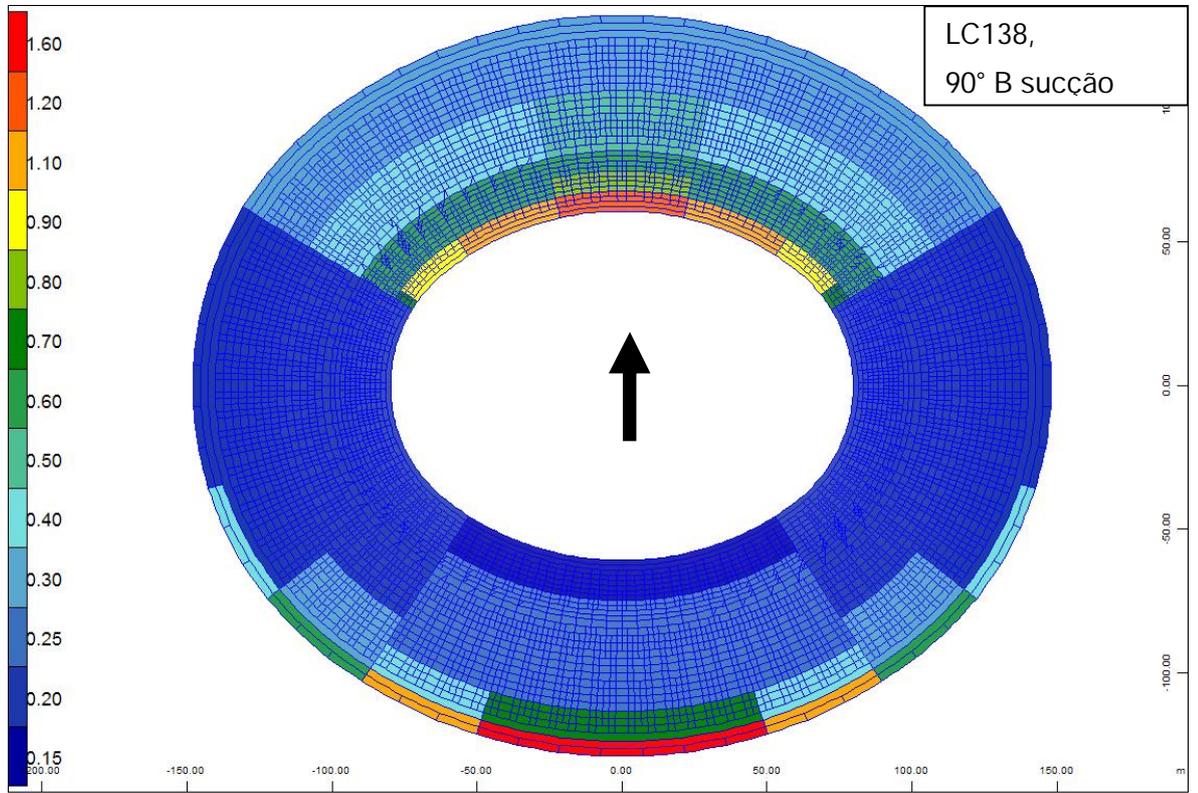
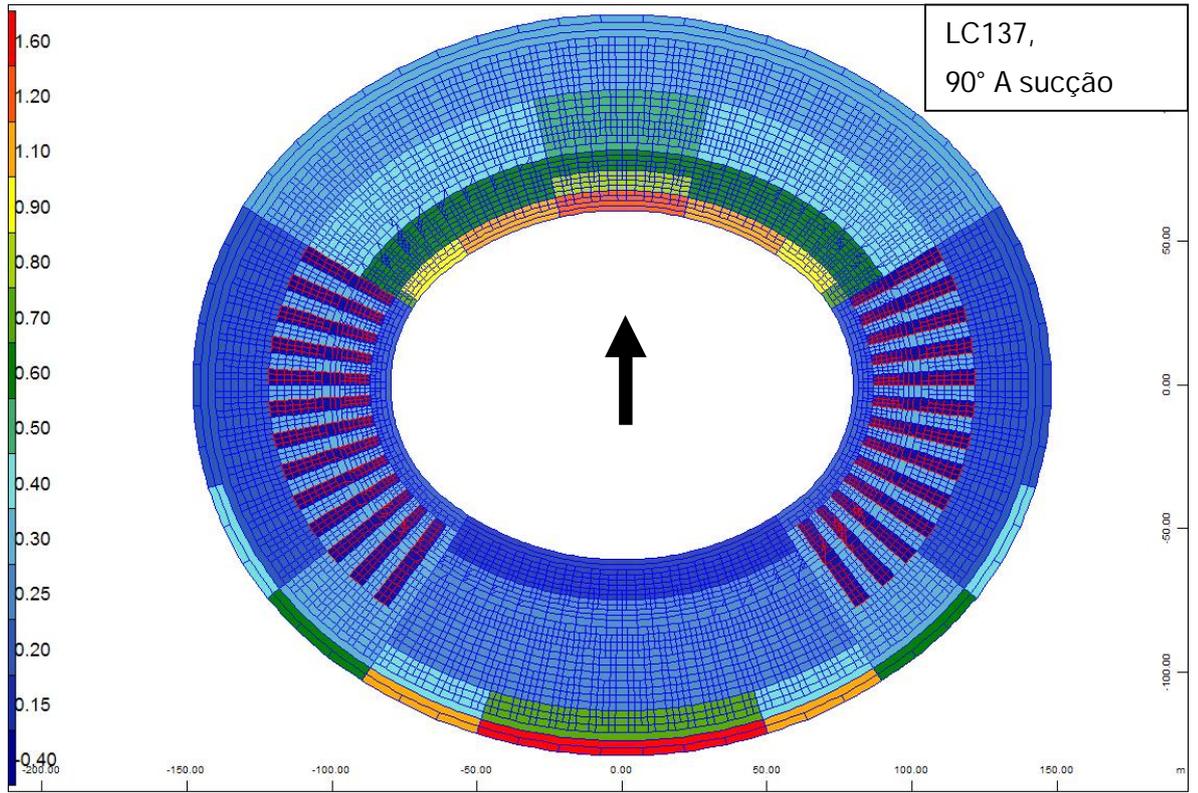
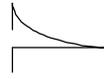


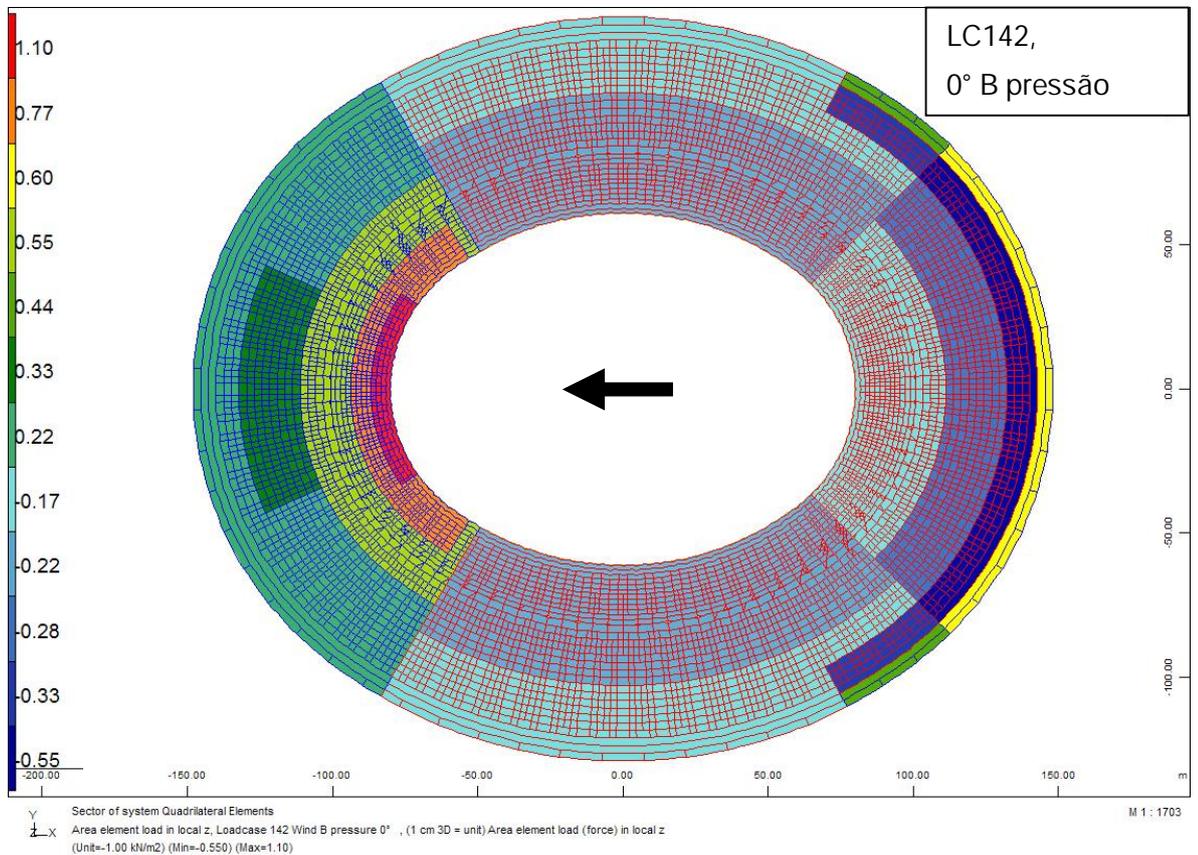
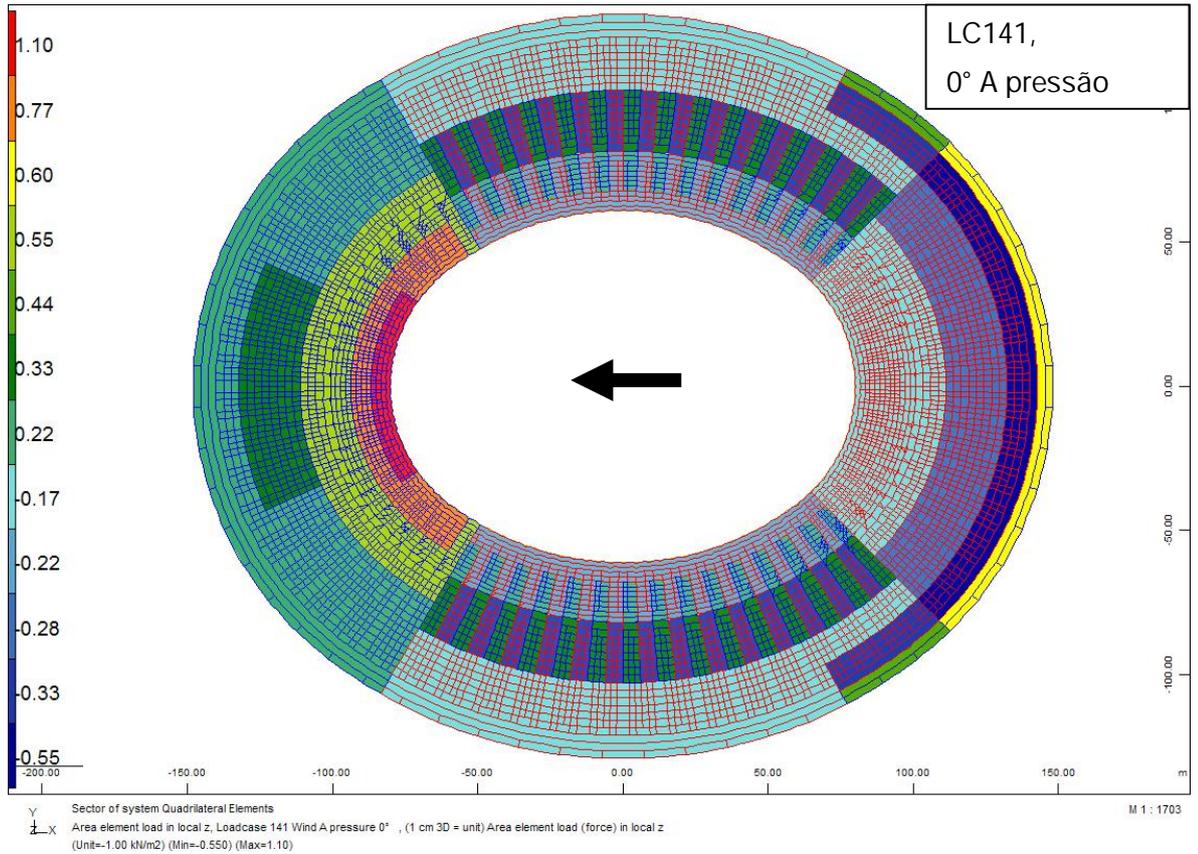
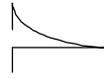
LC134,  
30° B sucção

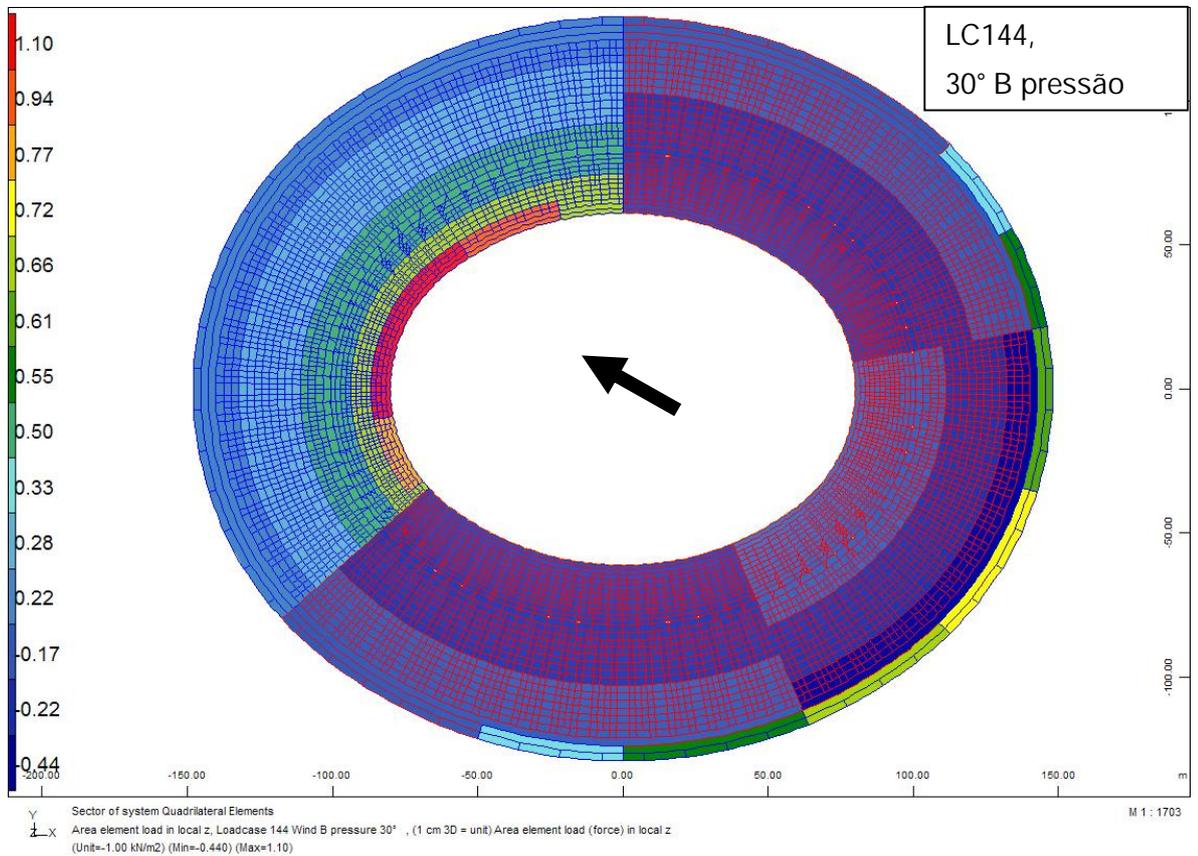
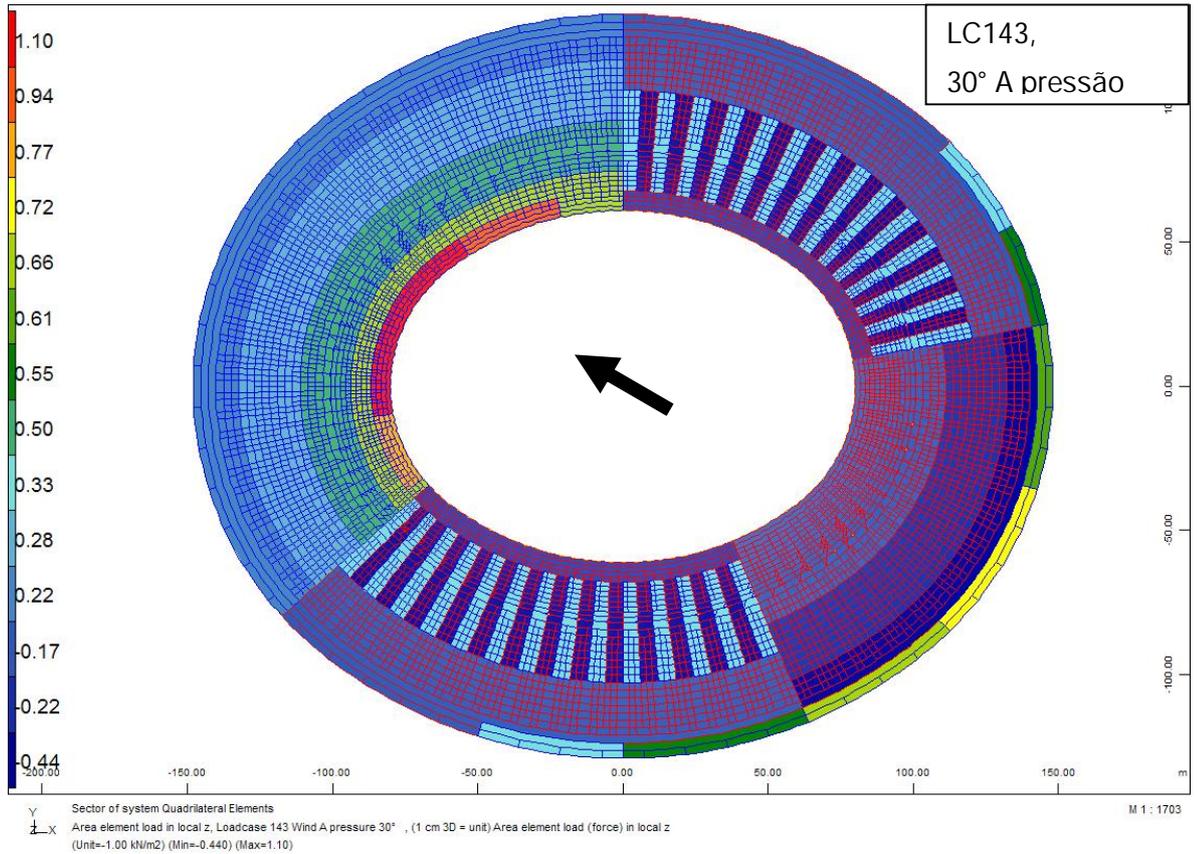
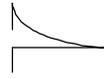
Sector of system Quadrilateral Elements  
Area element load in local z, Loadcase 134 Wind B Suction 30° , (1 cm 3D = unit) Area element load (force) in local z  
(Unit=-1.00 kNm/m2) (Max=1.20)

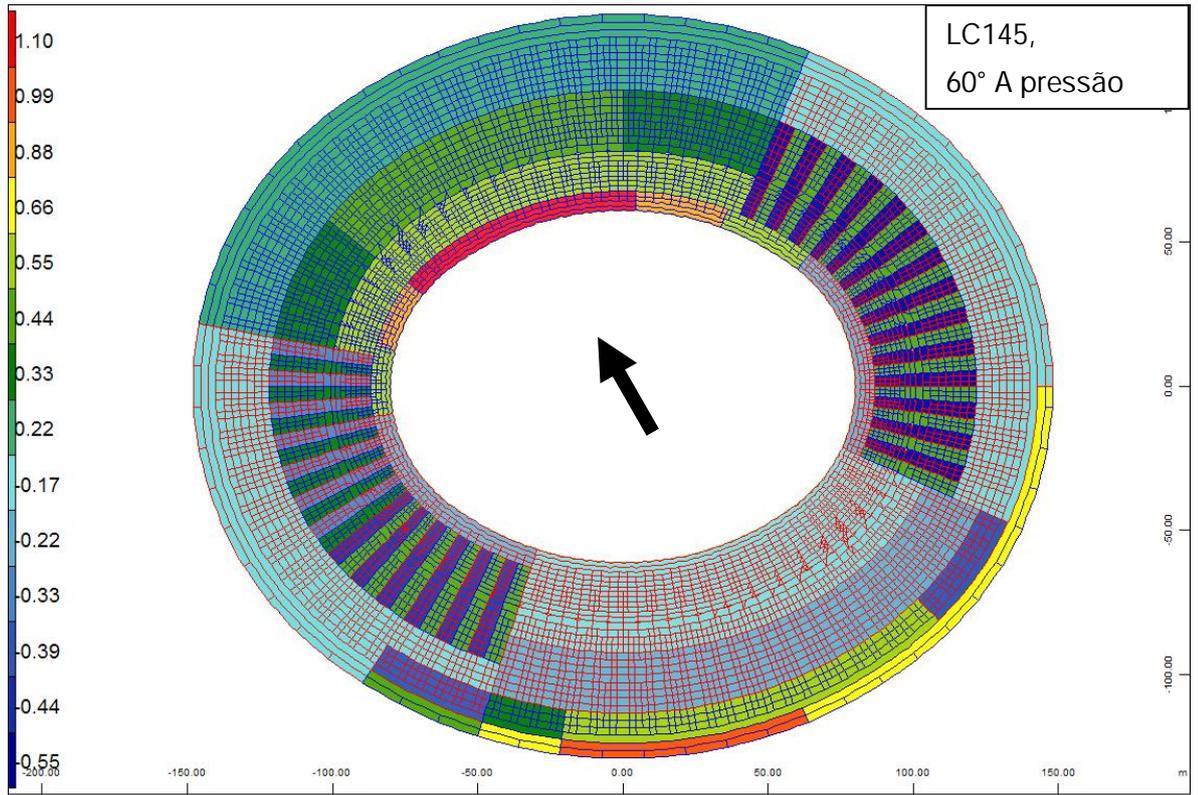
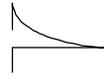
M 1 : 1703





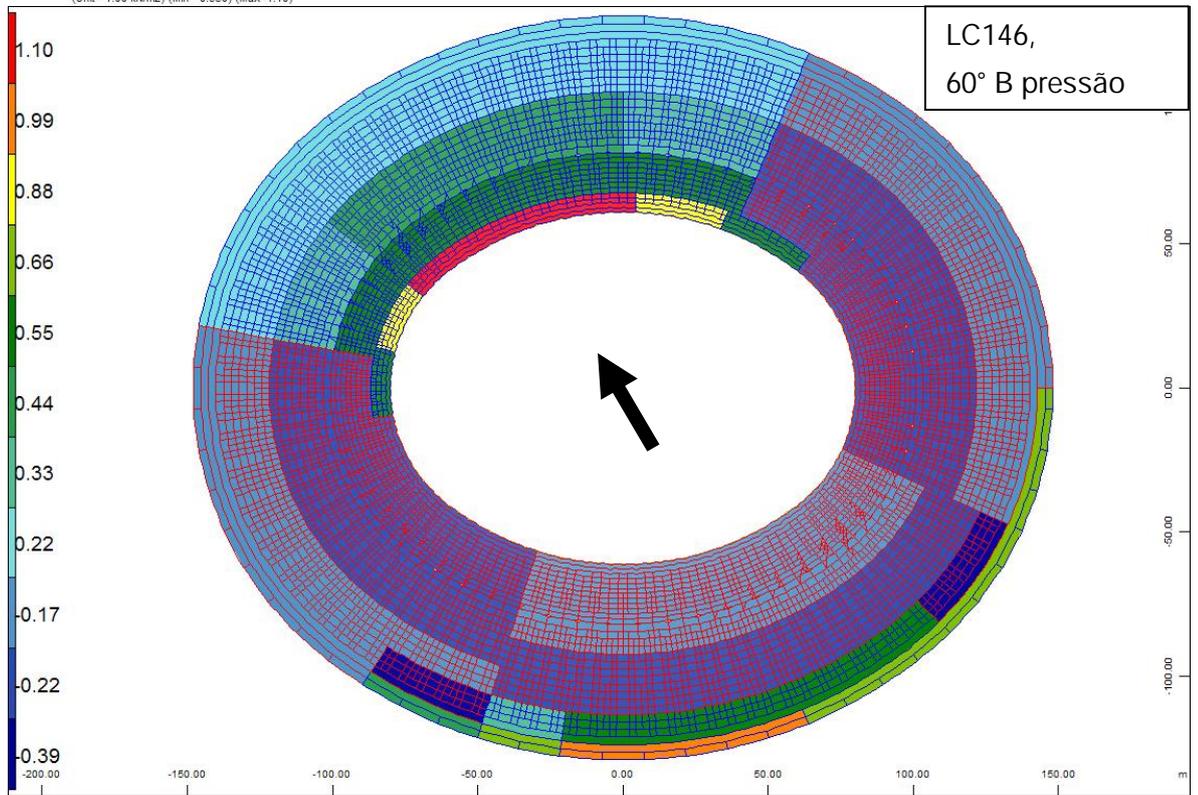






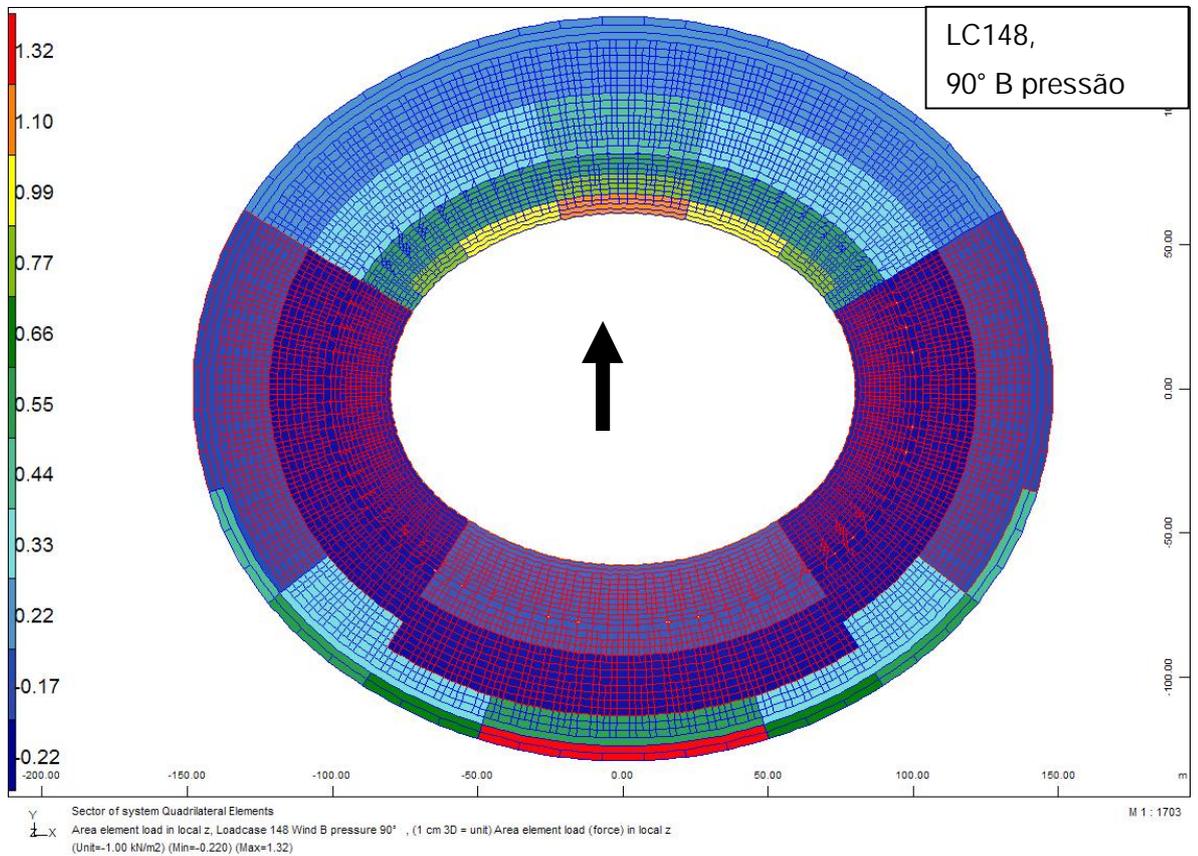
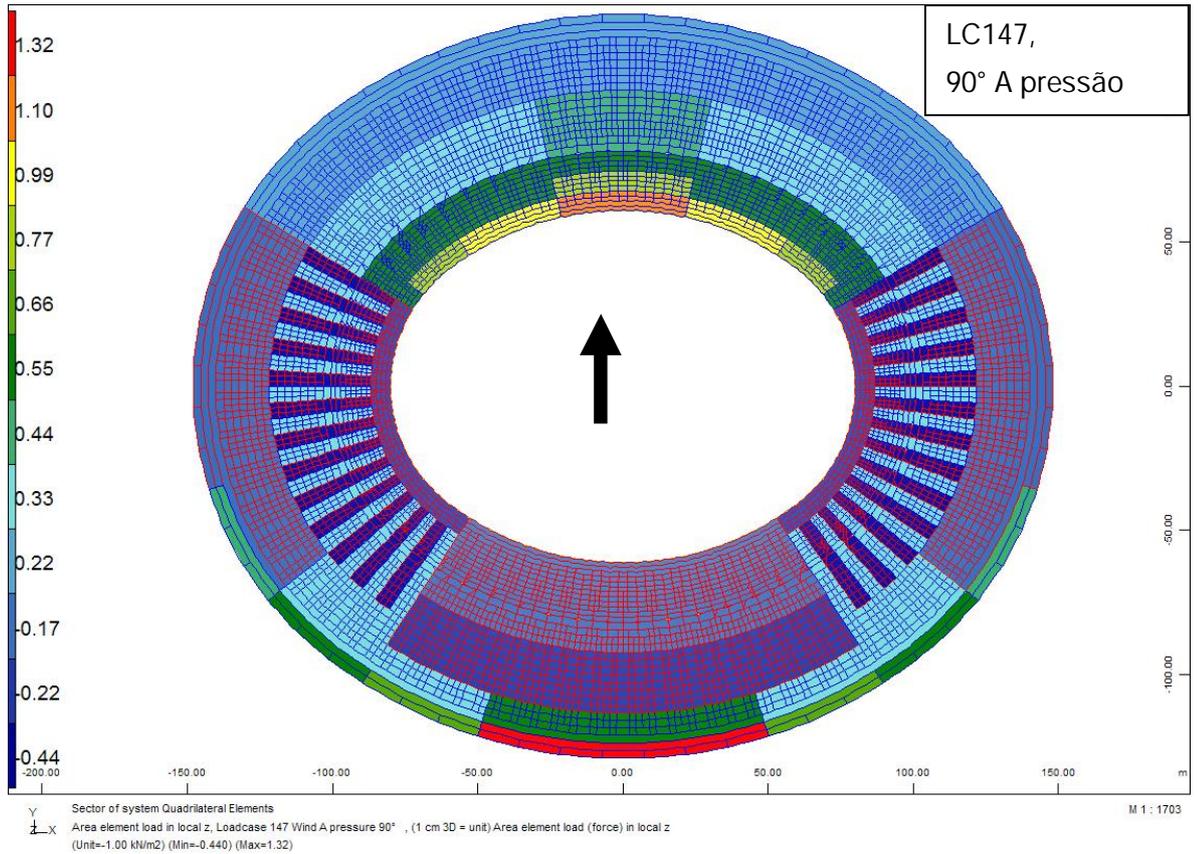
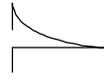
Sector of system Quadrilateral Elements  
Area element load in local z, Loadcase 145 Wind A pressure 60° , (1 cm 3D = unit) Area element load (force) in local z  
(Unit=-1.00 kN/m2) (Min=-0.550) (Max=1.10)

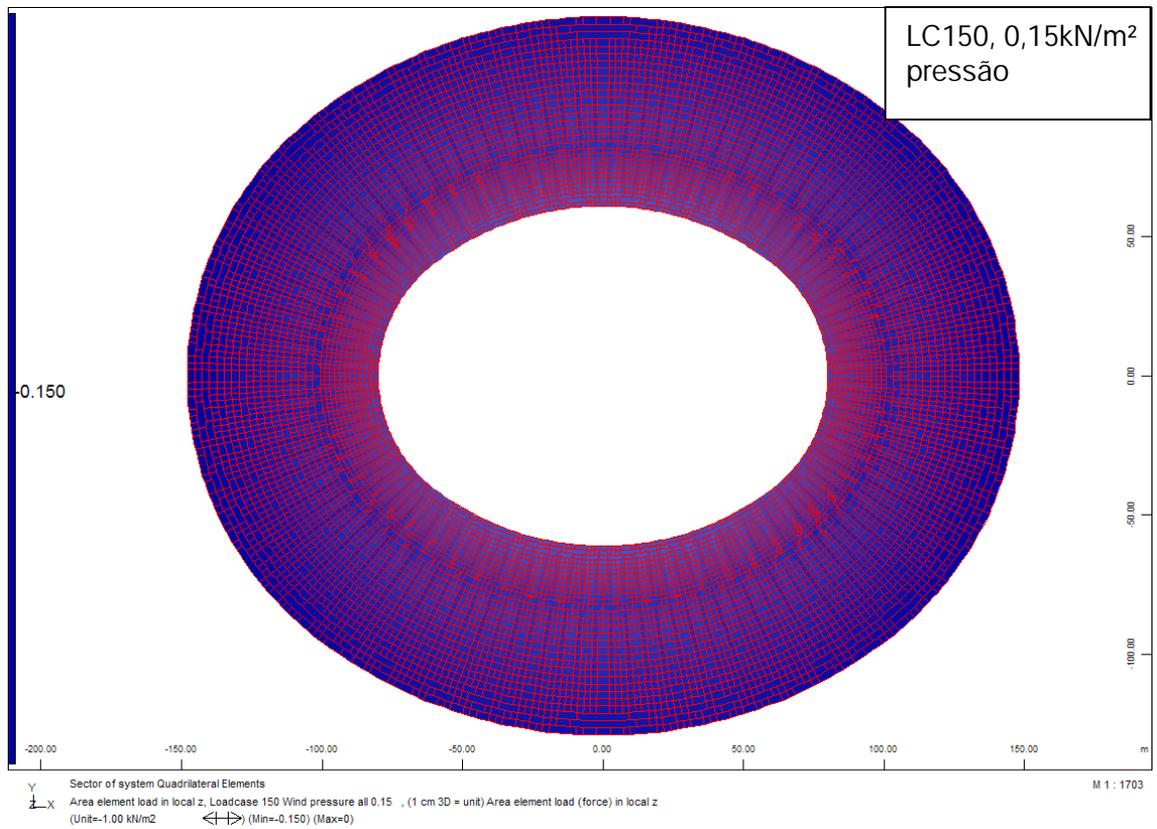
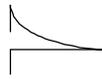
M 1 : 1703



Sector of system Quadrilateral Elements  
Area element load in local z, Loadcase 146 Wind B pressure 60° , (1 cm 3D = unit) Area element load (force) in local z  
(Unit=-1.00 kN/m2) (Min=-0.385) (Max=1.10)

M 1 : 1703





Os esboços acima mostram as cargas de vento em kN/m<sup>2</sup>, tal como consta do relatório de túnel de vento. Para o cálculo, todos são fatorizados com um fator de ressonância de

$$fr = 1,10!$$



## 6 Anexos

### 6.1 Documentação de supervisão

A folha seguinte serve como exemplo para supervisão de acordo com o tipo 1 de inspeção (ver p. 3.3.1)





## 6.2 Documentação de inspeção

A folha seguinte serve como exemplo para supervisão de acordo com o tipo 1 ou 2 de inspeção (ver p. 3.3.2 e 3.3.3)



**Documentation of a periodic inspection according to VDI 6200:2010-02**

**Documentation no.:** \_\_\_\_\_ **Date:** \_\_\_\_\_

**Building/Construction element:** \_\_\_\_\_

**Address:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**(Special) expert:** \_\_\_\_\_

**Consequences classification acc. to Table 1 (cross as appropriate):**     CC1     CC2     CC3

**Inspection intervals:** Viewing: \_\_\_\_\_ years, last executed on \_\_\_\_\_

Inspection: \_\_\_\_\_ years, last executed on \_\_\_\_\_

Examination: \_\_\_\_\_ years, last executed on \_\_\_\_\_

**Executed inspection step:**

- Inspection by an expert (inspection)
- Thorough examination by a special expert (examination)

**Reason:**

- Scheduled viewing
- Inspection following storm/heavy wind or snow
- Inspection following conversion/change of use/repair
- Inspection following extraordinary events \_\_\_\_\_

**Result:**

- No structural safety deficits discovered.
- Deficits and/or defects were discovered (explanation on separate sheet)
- Summary/measures

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Inspector:** \_\_\_\_\_

**Date and signature:** \_\_\_\_\_

**Please see separate sheet!**