Revista da Estrutura de Aço - REA

Recebido: 27/07/2020
Aprovado: 16/12/2020
Volume 10. Número 2 (agosto/2021). p. 259-269 - ISSN 2238-9377

Revista indexada no Latindex e Diadorim/IBICT

NOTA TÉCNICA

Projeto estrutural do Galo da Madrugada 2020

Ives Adriano José Adriano dos Santos[1], Pablo Aníbal López-Yánez[2] e Douglas Mateus de Lima[3*]

[1] Doutorando em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco - CTG, Recife-PE, ivesadriano@gmail.com
[2] Professor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco - CTG, Recife-PE, lopez.yanez@yahoo.com.br
[3] Professor do Núcleo de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco - CAA, Caruaru-PE, douglas.mlima@ufpe.br

Structural design of *galo da madrugada* 2020

Resumo

O Brasil é conhecido mundialmente como o país do carnaval, e um dos símbolos responsáveis por este reconhecimento é o bloco recifense conhecido como Galo da Madrugada. Inaugurado em 1978, o bloco carnavalesco cresceu em números e relevância ao longo dos anos, superando, em 1994, a marca de 1,5 milhão de foliões. Embora muitos que vejam o Galo ornamentado não percebam, há uma complexa estrutura de aço que mantém erguido o gigante, de 5,4 tf de peso e cerca de 20 m de altura, suportando tanto as ações do vento, quanto as vibrações induzidas pelos passos frevantes das milhares de pessoas que por ali curtem o carnaval. Tal estrutura é suportada por um veículo guindaste, o qual permanece estacionado sobre a Ponte Duarte Coelho, no bairro do Recife Antigo. Desta forma, nesta nota técnica, são apresentados os detalhes e procedimentos adotados durante a elaboração do projeto estrutural, bem como as práticas adotadas durante a fabricação e montagem da estrutura de aço interna.

Palavras-chave*: projeto estrutural, Galo da Madrugada, estrutura de aço, fabricação e montagem.*

Abstract

Brazil is known worldwide as the country of carnival, and one of the symbols responsible for this recognition is the Recife block known as Galo da Madrugada. Inaugurated in 1978, the carnival block grew in numbers and relevance over the years, surpassing, in 1994, the mark of 1.5 million revelers. Although many who see the ornamented Rooster do not realize it, there is a complex steel structure that holds the giant up, with a weight of 5.4 tf and about 20 m in height, supporting both the actions of the wind and the vibrations induced by the steps frevantes of the thousands of people who enjoy carnival there. This structure is supported by a crane vehicle, which remains parked on the Duarte Coelho Bridge, in the Recife Antigo neighborhood. Thus, in this technical note, the details and procedures adopted during the elaboration of the structural design are presented, as well as the practices adopted during the manufacture and assembly of the internal steel structure.

Keywords*: structural design, Galo da Madrugada, steel structure, fabrication and assembly.*

* autor correspondente

1 Introdução

1.1 O Galo da madrugada

Criado em 1978, o bloco carnavalesco Galo da Madrugada se tornou um símbolo, não apenas do carnaval recifense, mas também do Brasil. Em seu primeiro ano, o bloco criado por um grupo de amigos, contou apenas com 75 participantes, mas, cerca de 16 anos depois, em 2018, comemorando 40 anos, atingiu a marca de 2,3 milhões de foliões. Recebeu reconhecimento internacional, quando o *Guinness Book* o consagrou como o maior bloco carnavalesco do mundo. Como figura central do evento, encontra-se a estrutura do galo gigante, posicionado sobre a Ponte Duarte Coelho. Em 2017, como reconhecimento às contribuições para a cultura brasileira, recebeu do Governo Federal a Medalha da Ordem do Mérito Cultural (OMC).

Desde sua criação, a estrutura do galo evoluiu gradualmente, passando do primeiro modelo, construído em 1995, pesando em torno de 3 toneladas, até a estrutura atual, com uma altura total de 28 m e peso total estimado em 8 toneladas. Na Figura 1, são apresentados alguns modelos do galo gigante, entre 2002 e 2019.

Figura 1 – Galo da Madrugada (modelos entre 2002 e 2019).

Em 2020, com o título de “Galo Circense”, a estrutura foi decorada sob assinatura do artista plástico Leopoldo Nóbrega, tendo aproximadamente 3 toneladas de decoração, incluindo equipamento para iluminação em LED. Parte da decoração utilizou materiais recicláveis, tais como 700 discos de vinil, além de vários metros de eletroduto corrugado em PVC, formando parte da cabeça e da crista.

1.2 Estrutura de aço interna

A estrutura de aço interna tem como objetivo não apenas dar o formato do Galo Gigante, mas também suportar as ações decorrentes do peso da decoração e do efeito

eólico sobre a estrutura. Posicionada no centro da Ponte Duarte Coelho, a estrutura recebe intensa ação do vento, devido ao posicionamento geográfico no largo do rio Capibaribe. Adicionalmente, em função do seu formato complexo, a estrutura interna foi modelada como uma treliça, formando um “esqueleto” de aço MR 250, capaz de suportar os esforços internos. Os elementos internos foram dimensionados com auxílios de diversos softwares estruturais, entre os quais: Cype3D, Tricalc e o SAP2000. Foram seguidas as normas ABNT: NBR 8800:2008, NBR 6123:1988 e NBR 8681:2003. O peso total da estrutura de aço interna, apresentada na Figura 2, totalizou cerca de 5.400 kgf.

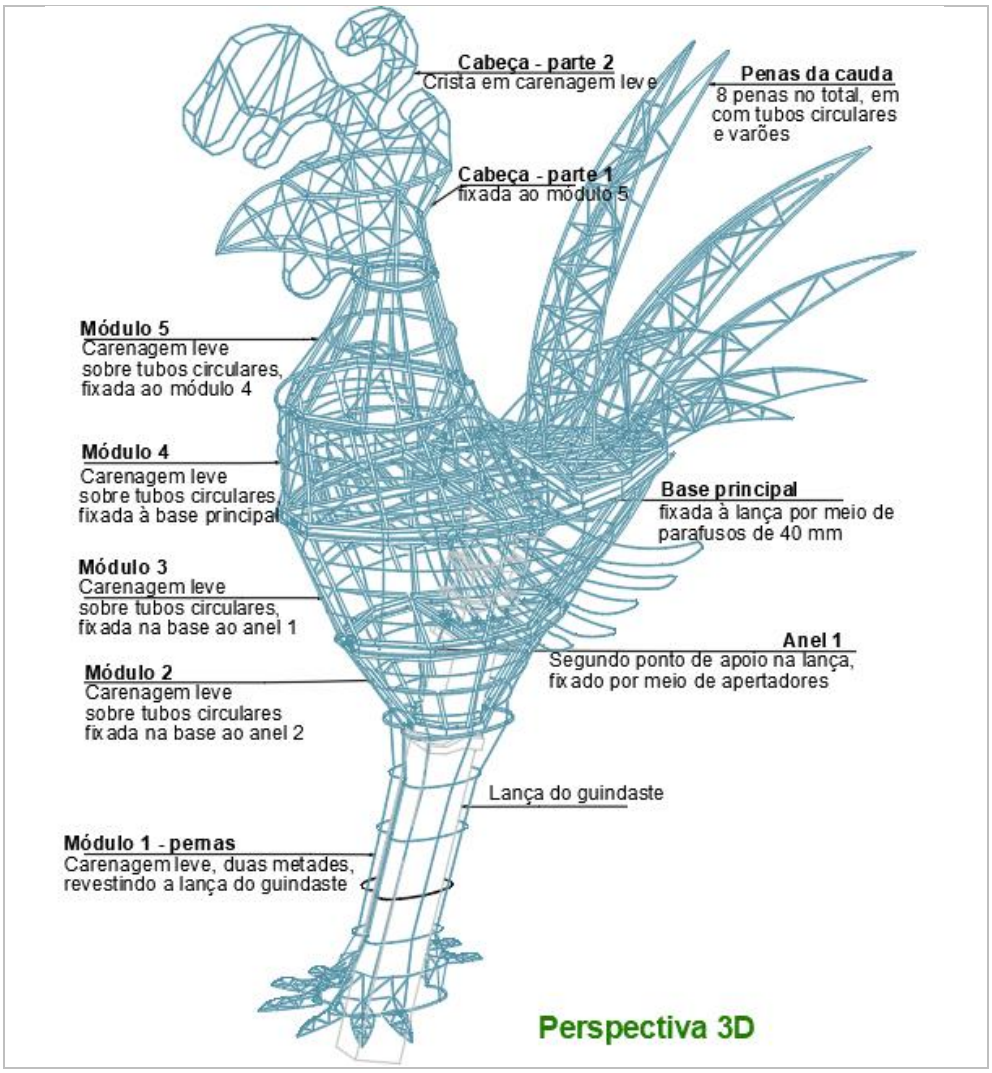


Figura 2 – Estrutura interna 3D.

2 Projeto estrutural

2.1 Concepção e modelo de cálculo

Um dos principais desafios em modelar uma estrutura como esta, é manter a aparência da escultura da forma como o artista plástico à concebeu. Estruturas convencionais, como edifícios e cobertas, geralmente apresentam considerável simetria, além de permitir a utilização de elementos retilíneos longo. Numa estrutura como o Galo da Madrugada, estas possibilidades são escassas, pois trata-se de uma estrutura com alto grau de assimetria, com grandes dimensões, além de elementos curvos diversos.

Muitos elementos da estrutura se projetam em angulações diversas, com poucos pontos de apoio, como, por exemplo, as asas e as penas da cauda. Assim, foi criado um modelo 3D da estrutura (Figura 3), com máxima fidelidade possível ao desenho artístico. Este modelo foi aplicado aos softwares de cálculo estrutural utilizados, onde foram aplicadas as ações decorrentes da decoração, considerada igual a 25 kgf/m^2, e do vento, considerando-se: velocidade básica do vento V_0 = 30 m/s; fator topográfico S_1 = 1,1; fator combinado de rugosidade do terreno, de dimensões da estrutura e de variação da velocidade de vento com altura S_2 obtido segundo a Categoria III e a Classe B; fator estatítico referente ao Grupo1 com S_3 = 1,1; e coeficente de arrasto C_a = 1,4.

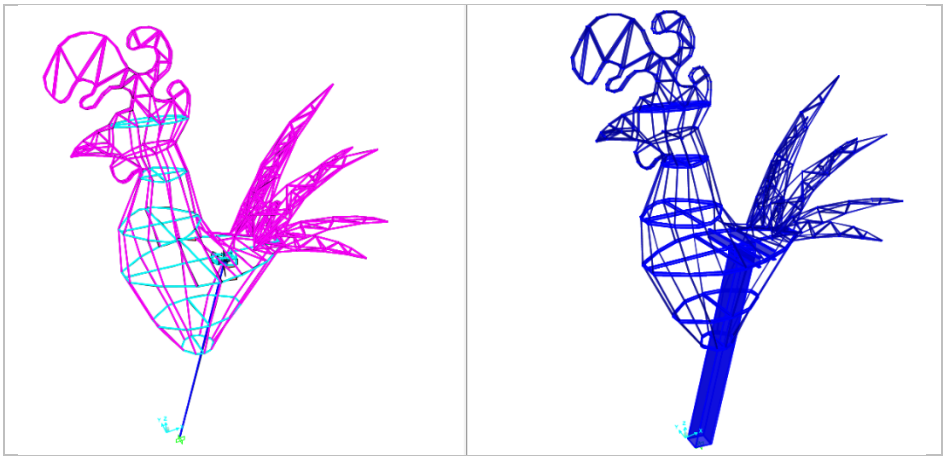


Figura 3 – Modelo estrutural utilizado.

2.2 Dimensões da estrutura

O Galo da Madrugada possui dimensões consideráveis, com uma altura total de 28 m, do estrado ponte até o topo de sua crista, incluindo a estrutura do guindaste, que lhe serve como base. Se medida da extremidade do pata até seu ponto mais alto de sua crista, a altura total é de 18,67 m. No sentido longitudinal, da ponta de sua crista até a

pena mais longa da cauda, mede aproximadamente 13,72 m. No sentido transversal, do ponto mais afastado de cada asa, é medida uma largura total de 5,4 m. Na Figura 4 apresentam-se as vistas superior, frontal e lateral do projeto estrutural, que foi composto, quando impresso, de um total de 57 pranchas em formato A1, cada qual apresentando detalhes sobre os módulos e seus componentes estruturais.

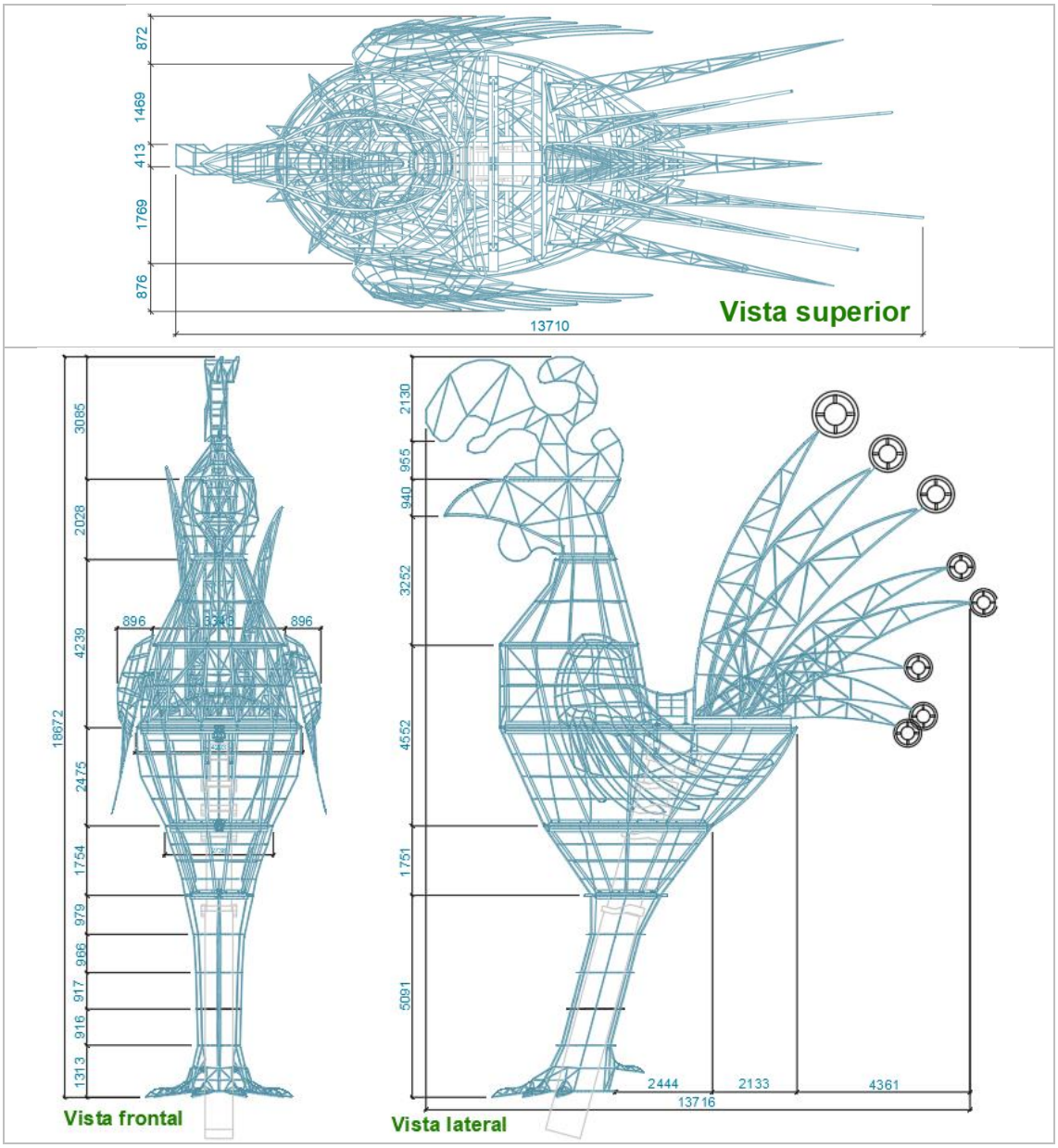


Figura 4 – Projeto estrutural (dimensões em mm).

2.3 Ligações entre módulos e peças especiais

Para permitir o transporte, a estrutura foi fabricada em 5 módulos, mais a cabeça, esta em duas partes (Figura 5). Além disso, cada módulo é dividido no sentido longitudinal em duas partes espelhadas, de maneira que não fossem excedidas as dimensões

máximas para transporte em vias urbanas. Tais ligações foram projetadas como emendas parafusadas, com parafusos de alta resistência ASTM A325 com diâmetro de 40 mm. Além dos parafusos, foram utilizadas abraçadeiras metálicas, com o objetivo de garantir que os elementos tubulares periféricos se mantivessem ligados, e soldas com eletrodos E7018. Por fim, para sustentação da decoração, foi comformada uma estrutura acessória composta por perfis tubales e barras de aço.

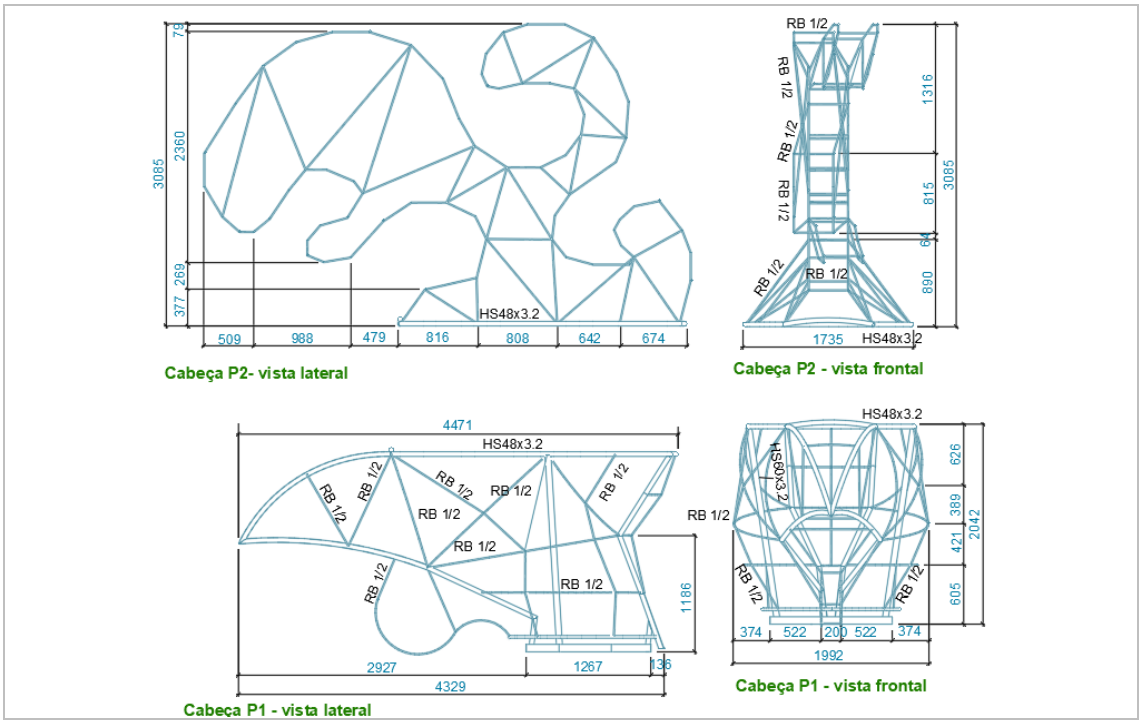
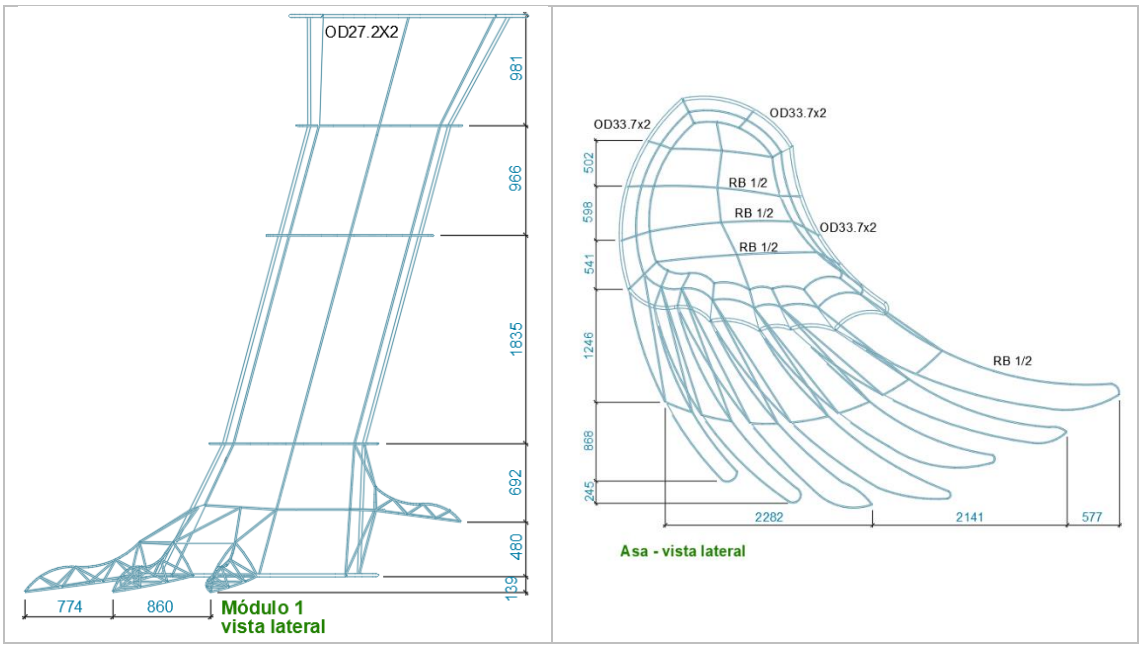


Figura 5 – Detalhamento da estrutura que compõem a cabeça.

Peças especiais, como as pernas e as asas, exigiram ligações especiais. As pernas (Figura 6-a) envolveram a lança do guindaste que lhe serviu de base, envolvendo-a com duas partes iguais espelhadas. Já as asas (Figura 6-b), devido ao seu formato, representaram um grande desafio para a ligação com a estrutura interna, necessitando de abraçadeiras para fixação em diversos pontos.



(a) Detalhe das pernas. (b) Detalhe das asas.

Figura 6 – Detalhes das peças especiais.

2.4 Base de apoio

Assim como realizado nas estruturas do Galo em anos anteriores, foi utilizado um guindaste como base de sustentação da estrutura. A escolha se deu por motivos de praticidade e economia, uma vez que o veículo utilizado possui peso suficiente para atuar como contrapeso, assegurando a estabilidade do conjunto. Adicionalmente, a estabilidade da ponte foi verificada pela Autarquia EMLURB mediante o fornecimento dos esforços transmitidos. Além disso, a mobilidade da lança possibilitou a montagem da estrutura mais próxima ao solo para que, quando pronta, fosse erguida para sua posição vertical. O guindaste utilizado possui capacidade máxima de carga de 70 toneladas, e peso total em torno de 45 toneladas. A fim de adicionar peso e combater o momento de tombamento, foram adicionados quatro blocos de concreto armado sobre as patolas, cada um pesando em torno de 2 toneladas (Figura 7).

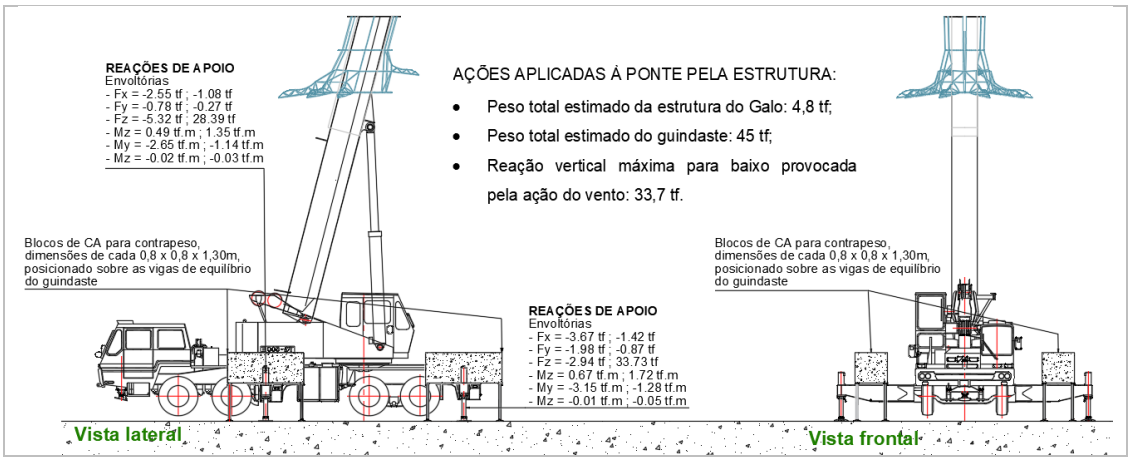


Figura 7 – Estrutura do Galo sobre o guindaste de base.

A ligação da estrutura do Galo com a lança do guindaste se mostrou complexa, sendo a principal razão o guindaste não ter sido projetado para tal finalidade. A lança consiste de vários perfis tubulares retangulares, os quais são acoplados no interior de um perfil inicial, deslizando entre si para aumentar o comprimento da lança. Para que este movimento ocorra, os perfis da lança são lisos e engraxados, dificultando a ligação por atrito com elementos externos. Existe, entretanto, uma ligação previamente projetada para receber uma extensão treliçada, a qual faz parte do guindaste. Esta ligação conta com quatro pinos de 1 1/2” de diâmetro, e foi utilizada como ponto principal para ligação da estrutura de aço interna com a lança do guindaste, sendo projetada uma plataforma central apresentada na Figura 9-a. Na Figura 8 apresenta-se o posicionamento das ligações internas com a lança do guindaste. Além da plataforma principal, são necessários outros pontos de conexão com a lança para que os esforços sejam distribuídos adequadamente. Assim, em dois pontos abaixo da plataforma supracitada, foram projetadas ligações por atrito, apresentadas nas Figura 9-b e 10-c.

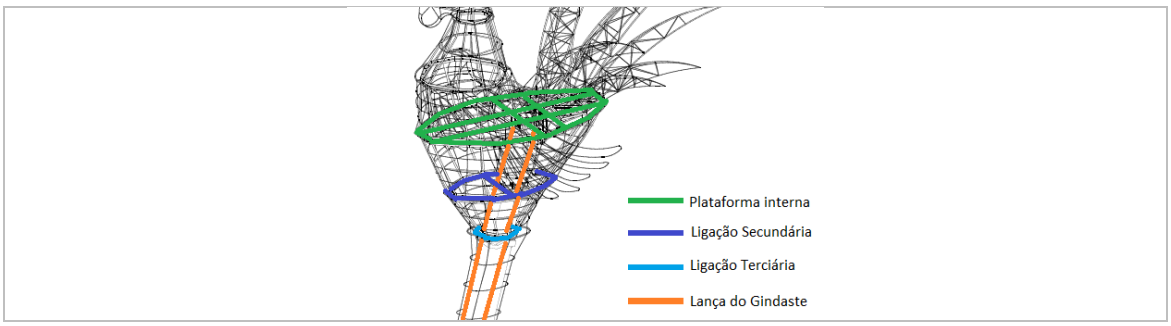
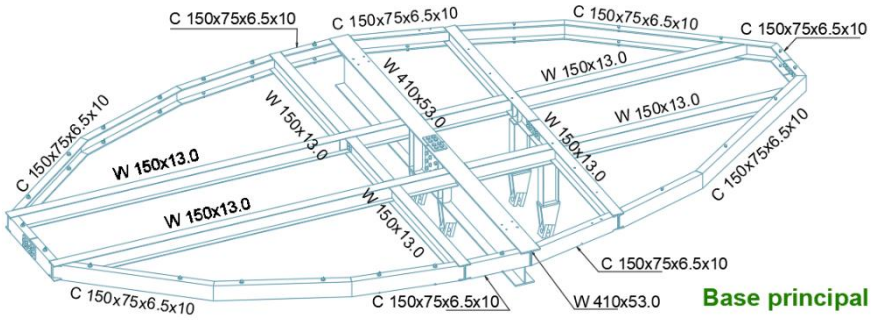
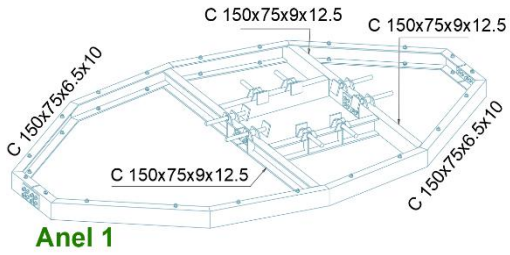


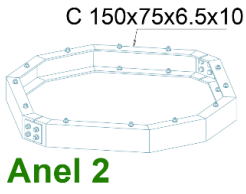
Figura 8 – Ilustração das estruturas internas de ligação com a lança do guindaste.



(a) Plataforma interna, ligação principal com a lança do guindaste.



(b) Ligação secundária: módulos 2 - 3.



(c) Ligação terciária: módulos 1 – 2.

Figura 9 – Plataformas internas de ligação entre os módulos.

2.5 Análise dinâmica modal

Utilizando o software SAP2000, foi realizada a análise modal da estrutura, na qual foram extraídos seus 12 primeiros modos de vibração (Tabela 1). Tal análise foi importante para conhecer os padrões de resposta da estrutura diante de ações dinâmicas, como as decorrentes das rajadas de vento. Além disso, observou-se que as deslocabilidades permitidas pela lança do guindaste aumentaram os períodos de vibração, bem como os deslocamentos máximos, em particular, as translações horizontais.

O primeiro modo, referente ao deslocamento horizontal no eixo “y” (direção horizontal de uma asa para a outra), indica que a estrutura leva em torno de 1,86 s para concluir um ciclo. Durante a montagem da estrutura, sob a ocorrência da ação do vento, tal comportamento foi percebido pela equipe no local, estando o deslocamento da estrutura dentro do previsto na análise dinâmica.

Tabela 1 – Dados da análise modal realizada.

Modo	Período (s)	Frequência natural (Hz)	Velocidade angular rad/s	Autovalor rad²/s²
1	1,866	0,536	3,367	11,34
2	1,533	0,652	4,098	16,79
3	0,961	1,040	6,537	42,73
4	0,475	2,106	13,234	175,13
5	0,453	2,207	13,870	192,37
6	0,443	2,256	14,173	200,87
7	0,441	2,266	14,240	202,77
8	0,395	2,532	15,909	253,10
9	0,390	2,562	16,096	259,08
10	0,373	2,680	16,839	283,55
11	0,365	2,741	17,220	296,53
12	0,289	3,459	21,735	472,42

3 Fabricação, transporte e montagem da estrutura

A etapa de elaboração do projeto estrutural, incluindo os cálculos, dimensionamento e detalhamento, durou cerca de três semanas, período no qual também foram coletados dados sobre o guindaste destinado à base da estrutura. Na Figura 10-a apresenta-se a estrutura metálica durante o processo de pré-montagem, que faz parte da fabricação, pois são verificados todos os elementos estruturais e feitos os ajustes necessários para que a montagem ocorra sem problemas.

A estrutura foi fabricada e montada pela empresa EP Engrenagem de Produção, sediada no município de Igarassu-PE, a 33 km do local de montagem (Ponte Duarte Coelho no bairro do Recife antigo). O peso total da estrutura não representava um problema para o transporte, mas suas dimensões sim. Mesmo dividido em módulos, algumas das peças centrais possuem cerca de 4 m de largura, 2,5 m de altura e 8 m de comprimento. Assim, o transporte foi feito por carretas com pranchas rebaixadas, a fim de evitar obstáculos nas vias urbanas, tais como sinalização de trânsito e iluminação pública.

A montagem da estrutura foi iniciada na quarta-feira que precede o sábado de carnaval, à meia-noite, continuando pela quinta-feira e terminando na sexta-feira. É um intervalo relativamente curto, que deve ser preciso, pois não se pode iniciar antes, dados os transtornos causados ao trânsito da cidade, e não deve terminar depois, pois o Galo da Madrugada precisa estar pronto no sábado pela manhã para “saudar o carnaval”.

O processo montagem *in loco* se inicia com a colocação dos módulos centrais na lança do guindaste, e em seguida as demais partes vão sendo acopladas à estrutura. Nesta etapa, a lança do guindaste fica recolhida, mantendo a estrutura próxima ao solo,

facilitando assim o acesso da equipe de montagem e reduzindo o risco de trabalhos em altura. Após a colocação das pernas e asas, a lança é erguida para montagem da cauda. Na Figura 10-b apresenta-se parte do processo de montagem da estrutura do Galo.

(a) Pré-montagem em Fábrica. (b) Montagem da estrutura *in loco*.

Figura 10 – Processos de montagem da estrutura.

4 Considerações finais

A presente nota técnica apresentou detalhes sobre o projeto estrutural, processo de fabricação e montagem, da estrutura de aço do Galo da Madrugada 2020, símbolo do carnaval de Recife – PE. Foram apresentados detalhes a cerca da concepção do projeto, com destaque para os desafios encontrados na modelagem de uma estrutura tão ímpar. A ligação dentre a estrutura e o guindaste de base constituiu um dos pontos principais na elaboração do projeto, pois se trata de uma estrutura de grandes dimensões com poucos pontos de apoio. A despeito do grande desafio, o projeto e a execução da estrutura cumpriram com êxito seus objetivos, permitindo que o Galo da Madrugada 2020 abrilhantasse mais uma vez o carnaval do Recife e do Brasil.

5 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988. 66 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003. 15 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800**: Projetos de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008. 237 p.

Cype3D, METÁLICAS 3D v. 15, Multiplus, São Paulo-SP, Brasil. 2016.

SAP 2000 v. 17.3.0, Computer and Structures Inc., Berkeley, California, USA. 2015.

Tricalc v. 9.0, Arktec S.A., Lisboa, Portugal. 2015.