

<http://dx.doi.org/10.15202/25254146.2017v2n3p50>

# METODOLOGIA DE PROJETO PARA AUTOMATIZAÇÃO DE VERIFICAÇÃO ESTRUTURAL DE UMA TORRE METÁLICA ESTAIADA DE TELECOMUNICAÇÕES

**Glauco José de Oliveira Rodrigues**

Doutor em Ciências em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.  
glauco.rodrigues@oi.com.br

**Alex Leandro de Lima**

Mestre em Ciências em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil.  
alexleandro.eng@gmail.com

## RESUMO

Sediar eventos da magnitude de uma olimpíada pode trazer diversos benefícios ao desenvolvimento de uma cidade, como por exemplo, o “Legado Olímpico”. Neste contexto, torna-se necessária a modernização da infraestrutura de telecomunicações, ampliando a capacidade de tráfego de informações. O presente trabalho tem por objetivo apresentar os critérios de cálculo e o interfaceamento entre as ferramentas computacionais utilizadas, com o objetivo de consolidar a metodologia de automatização do processo de análise e verificação estrutural, para que o mesmo possa ser adaptado a casos similares. A referida torre é descrita como estaiada, com 47,65 m de comprimento vertical em seção triangular equilátera constante, com 1,25 m de comprimento lateral. As barras verticais, bem como as diagonais, são compostas por cantoneiras. Serão utilizadas, basicamente, duas ferramentas computacionais: O *software* Metálicas 3D e o AutoVentos Torres.

**Palavras-chave:** Estruturas metálicas; Torres estaiadas; Automatização de projetos.

## METHODOLOGY FOR DESIGN AUTOMATION STRUCTURAL AND VERIFICATION OF A METALLIC TOWER TELECOMMUNICATIONS GUYED

### ABSTRACT

Host events of the magnitude of the Olympics can bring many benefits to the development of a city, such as the “Olympic Legacy”. In this context, it is necessary to modernize the telecommunications infrastructure, expanding the information traffic capacity. This study aims to present the criteria for calculation and the interface between the computational tools used, in order to consolidate the automation methodology of structural analysis and verification process so that it can be adapted to similar cases. That tower is described as guyed, with 47,65 m vertical length in constant triangular equilateral section, with 1.25 m of lateral length. The vertical bars, as well as the diagonals are composed of angles. Will be used basically two software tools: The Metálicas 3D software and AutoVentos Torres.

**Keywords:** Metal structures; Guyed towers; Project automation.

## 1 INTRODUÇÃO

As torres estaiadas são constituídas por um corpo metálico, treliçado em geral, esbelto e modulado, fixo por estais ao longo de sua extensão. Este corpo metálico é formado por módulos com cerca 5 m ou 6 m cada, contendo montantes, diagonais, travessas, barras de travamento, com ligações parafusadas ou soldadas, possuindo seção transversal quadrada ou triangular. Os estais são constituídos por cordoalhas de aço fixadas ao longo da torre e às fundações. Estas torres são as mais econômicas e fáceis de montar, porém, exige um terreno de área considerável para sua instalação, na ordem de dez vezes a área daquele utilizado em uma estrutura autoportante de mesma altura.

Deve-se instalar próximo ao topo das torres metálicas estaiadas um dispositivo especial que, através da utilização de estais adicionais num mesmo nível e afastados dos montantes formando braços de alavanca adequados, absorvam os esforços de torção, sendo, portanto conhecidos como dispositivo antitorção (LIMA, 2003).

Os estais são, em geral, constituídos de cabos de aço de sete fios (1+6) com alma de aço e protegidos contra corrosão com capa protetora de zinco. Os cabos devem ser do tipo HS (High Strength) ou EHS (Extra High Strength) com diâmetro máximo de 16 mm (CIMAF, 2015). Os cabos de aço estão sujeitos a dois tipos de deformação longitudinal: a elástica e a estrutural. A deformação elástica é diretamente proporcional à carga aplicada. A deformação estrutural, por sua vez, é a deformação causada pelo ajustamento dos fios do cabo, sendo permanente e começando logo que é aplicada uma carga no mesmo.

## 2 FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

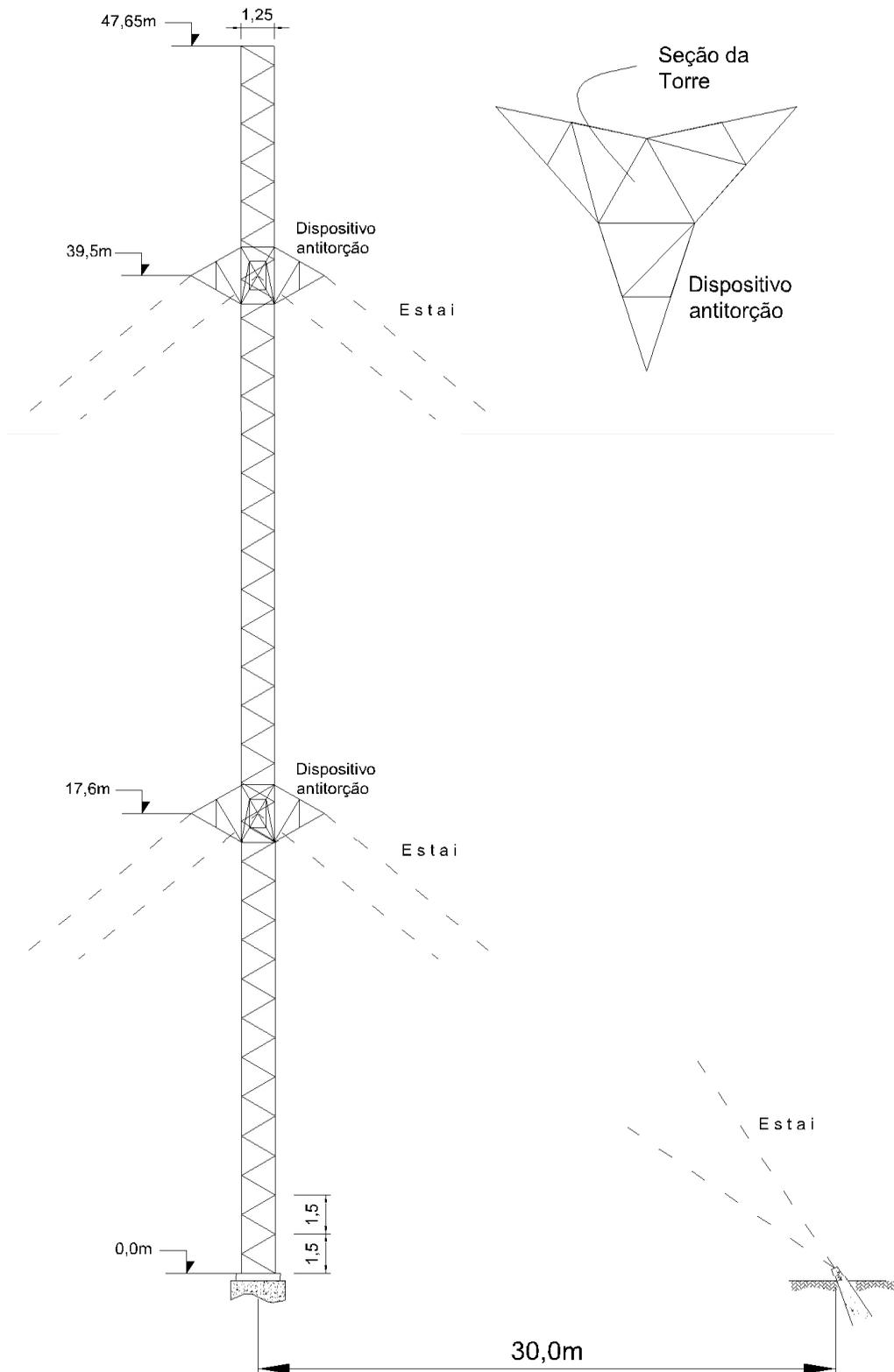
Neste trabalho, será utilizado o *software* Metálicas 3D (CYPE INGENIEROS, 2015). O Metálicas 3D é um *software* para cálculo de estruturas metálicas usuais, constituídas por perfis laminados, perfis soldados e perfis de chapa dobrada. O *software* permite gerar geometrias automaticamente ou importá-la no formato dxf. A análise é feita pelo método da rigidez direta e a verificação é feita pelo Método dos Estados Limites, com base na NBR 8800:2008 (ABNT, 2008). O programa conta ainda com uma poderosa ferramenta para otimização automática dos perfis.

Dentre os carregamentos atuantes em uma torre, destaca-se a ação do vento. Esta foi considerada com o auxílio da ferramenta AutoVentos Torres (FORTI; REQUENA, 2002), segundo critérios de cálculo da NBR 6123:1988 (ABNT, 1988).

## 3 MODELO ESTRUTURAL E AÇÕES

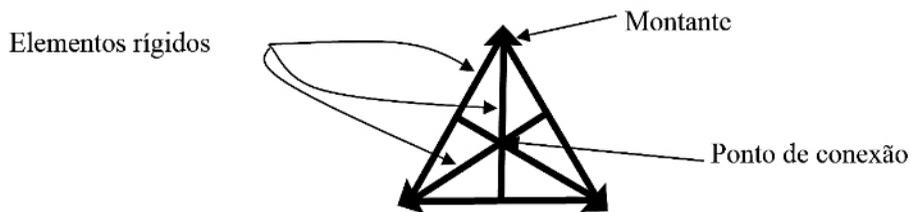
O modelo estrutural da torre metálica estaiada estuda neste trabalho possui seção triangular equilátera, com 1,25 m de lado. Esta torre está apoiada diretamente em um bloco de fundação através de um dispositivo articulado, que permite que a torre gire em torno do eixo vertical da mesma. Os perfis constituintes da superestrutura são cantoneiras de abas iguais e os estais são em cabo de aço EHS em cordoalha de sete fios (1+6), fixados através de blocos de ancoragem (Figura 1).

Figura 1: Vista em elevação e seção da torre.



No ponto de conexão dos estais com a torre foi considerado um apoio que impedisse as translações horizontais e deixasse livre a translação vertical. Na base da torre, foram considerados elementos rígidos ligando os montantes da torre e considerado apenas um apoio no centro da seção da base da torre, permitindo que a torre possa girar em torno do seu eixo vertical (Figura 2). Os nós de fixação dos estais, de forma conservadora, são considerados nós horizontalmente indeslocáveis.

Figura 2: Elementos estruturais da torre descritos em sua seção transversal.



A ferramenta Metálicas 3D reconhece um modelo gráfico 3D, em formato dxf onde foi pré-modelada a estrutura. O programa interpreta cada interseção entre barras como “nó” e cada segmento de reta como barra estrutural, ficando como função do usuário a posterior definição dos tipos de perfis, tipos materiais, tipos nós, condições de vinculação da estrutura (apoios) e carregamento.

A vantagem da utilização do modelo gráfico 3D em dxf é que, com auxílio das ferramentas da família CAD (AUTODESK, 2015), torna-se fácil a tarefa da definição da geometria no auxílio da geração do modelo estrutural de forma mais rápida e precisa, do que se utilizando os recursos da própria ferramenta de cálculo estrutural. Neste modelo todos os nós foram considerados rotulados apesar das ligações serem, em geral, conectadas por dois ou mais parafusos alinhados (ocasionando o surgimento de pequenos momentos). Esta consideração se dá, pelo fato dos elementos estruturais serem bastante delgados.

Em torres de seção triangular equilátera, são consideradas três incidências de vento, uma a 0°, outra a 30° e outra a 60°. Neste trabalho as forças de vento serão calculadas pelo método estático descrito na NBR 6123:1988. As ações permanentes de peso próprio dos elementos foram consideradas automaticamente e a ação variável principal é a do vento, atuando na estrutura da torre e nas antenas. A velocidade básica do vento é de 45 m/s, S3 igual a 0,95, Categoria I e Classe B. A ação do vento, na torre, foi obtida com o auxílio da ferramenta AutoVentos Torres (FORTI; REQUENA, 2002), como representado na Figura 3. O lançamento das ações de vento para a direção 0° está representado no Figura 4.

Figura 3: Obtenção da força de vento e esquema de aplicação destas forças.

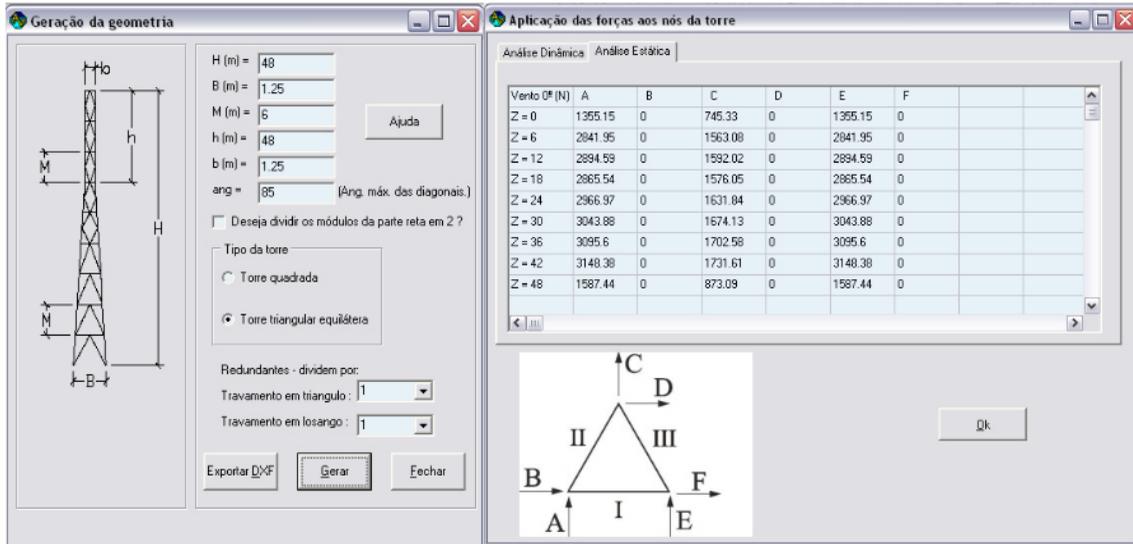
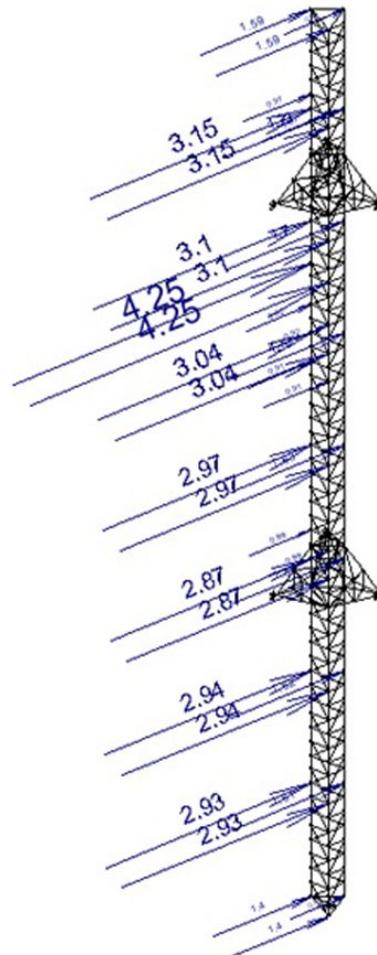
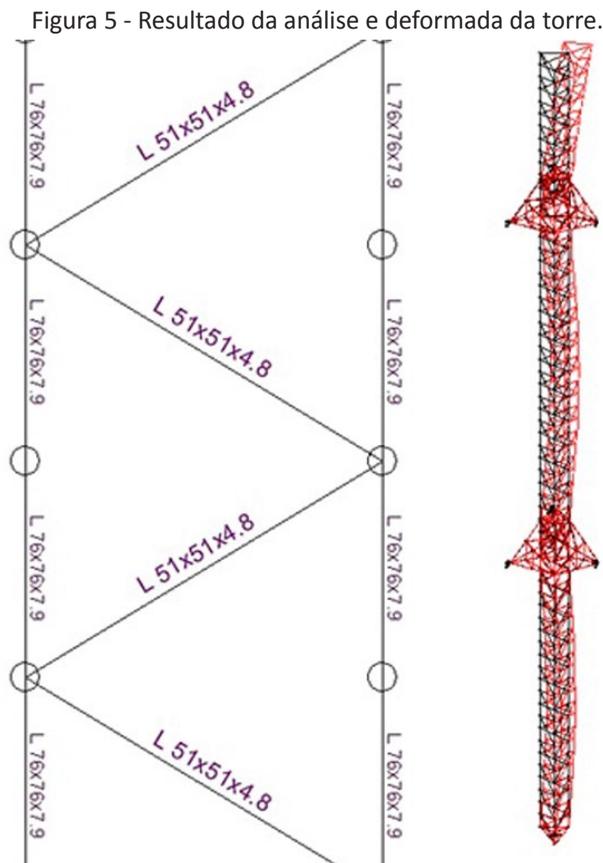


Figura 4: Cargas (em kN), incluindo as forças nas antenas, para a hipótese de vento 0°.



## 4 RESULTADOS

Após a obtenção dos esforços, para a condição mais desfavorável, seguindo os critérios de verificação segundo a NBR 8800:2008, foram obtidas as seções dos perfis da estrutura da torre. Estes cálculos mostraram que os perfis utilizados atenderam aos diversos carregamentos impostos, tanto nos critérios de esforços máximos, quanto nos deslocamentos decorrentes. A Figura 5 apresenta o resultado da verificação dos perfis pelo Metálicas 3D, em um trecho, e a deformada da torre para o vento incidindo a 0°.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho, foi proposta uma metodologia para verificação estrutural de torres de telecomunicação que integra a utilização de três poderosas ferramentas computacionais. A primeira, gráfica, consagrada na elaboração de modelos tridimensionais, o AutoCAD®, utilizada na construção do pré-modelo estrutural, e definição das características geométricas. A segunda, o *software* Metálicas 3D, utilizada na construção do modelo estrutural tridimensional e na análise estrutural dos elementos constituintes da torre. A terceira, o *software* AutoVentos Torres, fundamental na geração das cargas devidas ao vento em torres, em particular aquelas com seção transversal triangular equilátera.

Para que se pudesse aplicar a metodologia aqui proposta, foi escolhida a torre da rota de telecomunicações de Itaipu, sob controle da empresa Furnas Centrais Elétricas S.A., situada na localidade de Angatuba, SP.

A metodologia aqui apresentada mostrou-se bastante eficiente, principalmente no que diz respeito à rapidez na construção dos modelos estruturais tridimensionais, bem como na definição e aplicação dos carregamentos ao mesmo, não somente para torres estaiadas de seção triangular, como também nas torres autoportantes de seção quadrada.

### REFERÊNCIAS

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

\_\_\_\_\_. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

AUTODESK. **AutoCAD**®. 2015. Disponível em: <http://usa.autodesk.com>. Acesso em: 2016.

CIMAF CABOS S.A. **Catálogos**. 2015. Disponível em: <http://www.cimaf.com.br/>. Acesso em: 2016.

CYPE INGENEIRO. **Metálicas 3D**. 2015. Disponível em: <http://www.cype.com>. Acesso em: 2016.

FORTI, T. L. D.; REQUENA, J. A. V. **AutoVentos 1.01 torres**. FEC/UNICAMP, Campinas, SP, 2002. (<http://www.fec.unicamp.br/~requena/>).

LIMA, A. L. **Torre metálica estaiada com 32,5 m de altura para rádio difusão**. Trabalho de Conclusão de Curso, UGB/FERP, Nova Iguaçu, RJ, 2003.