

ANÁLISE ESTRUTURAL DE UM GALPÃO INDUSTRIAL APORTICADO COM BASES ROTULADAS E ENGASTADAS

AYSLAN DAVIDSON AGUIAR DOS SANTOS^{1*}; GABRIEL GOMES DE SANTANA²;
ALINE DA SILVA RAMOS BARBOZA³;

¹ Graduando em Engenharia Civil, UFAL, Maceió - AL, ayslan360@hotmail.com;

² Graduando em Engenharia Civil, UFAL, Maceió - AL, gabriel.santana@ctec.ufal.br;

³ Dra. Prof.^a de Engenharia Civil, UFAL, Maceió - AL, aline@lccv.ufal.br.

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018
21 a 24 de agosto de 2018 – Maceió-AL, Brasil

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo analisar a estrutura de um galpão industrial, sem pontes rolantes, formado por pórticos planos, cujo telhado é sustentado por treliças trapezoidais. Com essa análise, procurou-se identificar como os esforços internos da estrutura se comportam de acordo com dois sistemas de apoio, sendo o primeiro com todas as bases engastadas, enquanto o segundo com todas elas rotuladas. Para análise dos dados e modelagem da estrutura, foi utilizado o programa *Autodesk Robot Structural Analysis*®, para o cálculo das forças de vento foi utilizado o software *Visual Ventos*® e para o dimensionamento dos perfis estruturais foram utilizadas planilhas eletrônicas. Notou-se que, apesar de diferenças nos deslocamentos, com o segundo caso se mostrando mais deslocável, e das cargas transferidas para as bases, que foram mais elevadas no primeiro, as mesmas não foram suficientemente expressivas para alterar o dimensionamento dos perfis. Por outro lado, as bases engastadas são conhecidamente mais robustas e onerosas para execução, enquanto os sistemas rotulados são mais simples e mais baratos. Dessa forma, para sistemas de dimensões reduzidas, como o analisado neste trabalho, a utilização de bases engastadas mostra-se antieconômica.

PALAVRAS-CHAVE: Estruturas metálicas, esforços internos, engastes, rótulas, base de colunas

STRUCTURAL ANALYSIS OF AN INDUSTRIAL SHED WITH PINNED AND FIXED BASE COLUMNS

ABSTRACT: This study aimed to analyze the structure of an industrial shed, without rolling cranes, formed by plain frames, with roof composed by a trapezoidal truss. With this in mind, it was conducted a study that tried to identify how the internal forces of the structure behaves in respect to two different systems of base columns, the first one being a full fixed base, and the second one being a full pinned base. To perform the data analysis and modeling of the structure, it was used a software called *Autodesk Robot Structural analysis*, for the wind force analysis it was used the software called *Visual Ventos*, and digital worksheets for the system sizing. It was observed that, despite differences at the displacements, with the second case being more displaceable, and of the loads transferred to the bases, which were higher in the first one, they were not sufficiently expressive to change the sizing of the steel profiles. On the other hand, fixed bases are known to be more robust and costly to execute, while pinned systems are simpler and cheaper. Thus, for systems with reduced dimensions, such as the one analyzed in this paper, the use of fixed bases shows itself as uneconomical.

KEYWORDS: Steel structures, internal forces, fixed, pinned, column base

INTRODUÇÃO

As estruturas metálicas, por serem produzidas industrialmente, possuem um melhor controle de qualidade e desempenho, devido a uma maior homogeneidade do material empregado (Santos & Barboza, 2018). Todavia, as ligações entre os elementos apresentam-se como pontos críticos destas estruturas, necessitando de uma maior atenção no momento do dimensionamento. Neste contexto, as bases dos pilares metálicos se mostram como componentes fundamentais para a estabilidade dos

sistemas estruturais de aço, devido ao fato de formarem a interface com as fundações de concreto armado.

As vinculações entre as bases e os pilares podem ser rotuladas ou engastadas, ocasionando mudanças na forma como os esforços se distribuem ao longo da estrutura. As bases rotuladas são dimensionadas para resistir somente a cargas axiais e horizontais, deixando a resistência à flexão sob a responsabilidade do restante do sistema. Já as bases engastadas resistem tanto às cargas axiais e horizontais quanto aos momentos fletores, reduzindo os esforços gerados nos outros componentes da estrutura. A opção por um dos tipos de bases gera mudanças tanto na estabilidade do sistema quanto no consumo de material. As bases engastadas propiciam estruturas mais econômicas, mas têm as fundações mais caras que as rotuladas (Bellei, 1994).

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado com base nas orientações de literaturas especializadas e normas brasileiras. Foi utilizada a NBR 8800 (ABNT, 2008), que trata do projeto de estruturas metálicas, a NBR 6120 (ABNT, 1980) para o cálculo dos valores das cargas devido a ações na estrutura e a NBR 6123 (ABNT, 1989), que direciona quanto a quantificação das cargas devido a ação do vento especificamente, como parâmetros para o dimensionamento dos elementos da estrutura.

De posse das recomendações normativas, bem como da literatura necessária, foi dimensionado um galpão industrial, sem ponte rolante, localizado no bairro do Tabuleiro dos Martins, em Maceió-AL, formado por uma cobertura treliçada trapezoidal apoiada sobre pilares, sobre a qual telhas de fibrocimento de 8 mm foram apoiadas sobre terças, além de um sistema de contraventamentos composto por barras localizadas entre as terças e entre os pilares.

Utilizou-se o software aberto *Visual Ventos*®, para análise das cargas devidas ao vento de acordo com a NBR 6123 (ABNT, 1989), a licença estudantil do software da *Autodesk Robot Structural Analysis*®, para a quantificação dos esforços internos solicitantes utilizando o método dos elementos finitos, assim como os desenhos de detalhamento da estrutura, e planilhas de cálculo eletrônicas para a verificação dos elementos adotados.

A título de comparação, a estrutura em questão foi analisada segundo dois casos, com todas as bases engastadas (caso A) e rotuladas (caso B), para que fossem observadas mudanças do comportamento estrutural do galpão, além de possíveis mudanças quanto ao dimensionamento dos perfis metálicos que compõem a estrutura. As figuras 1, 2 e 3 mostram a esquematização geral do galpão em estudo.

Figura 1. Perspectiva 3D do pórtico estudado.

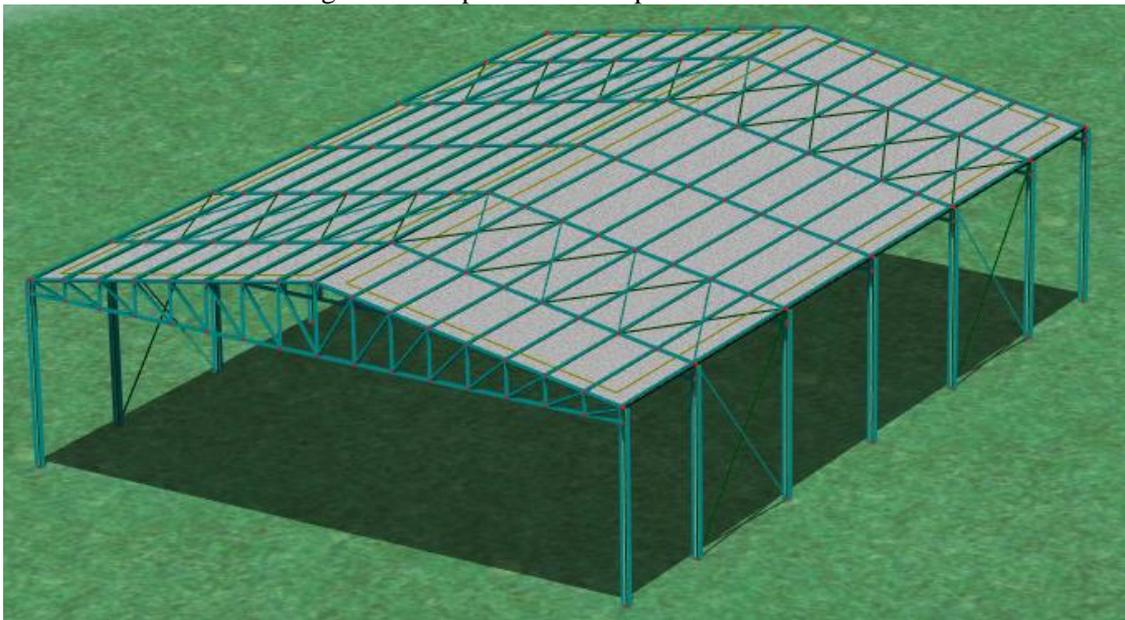


Figura 2. Vista superior do galpão, unidades em mm.

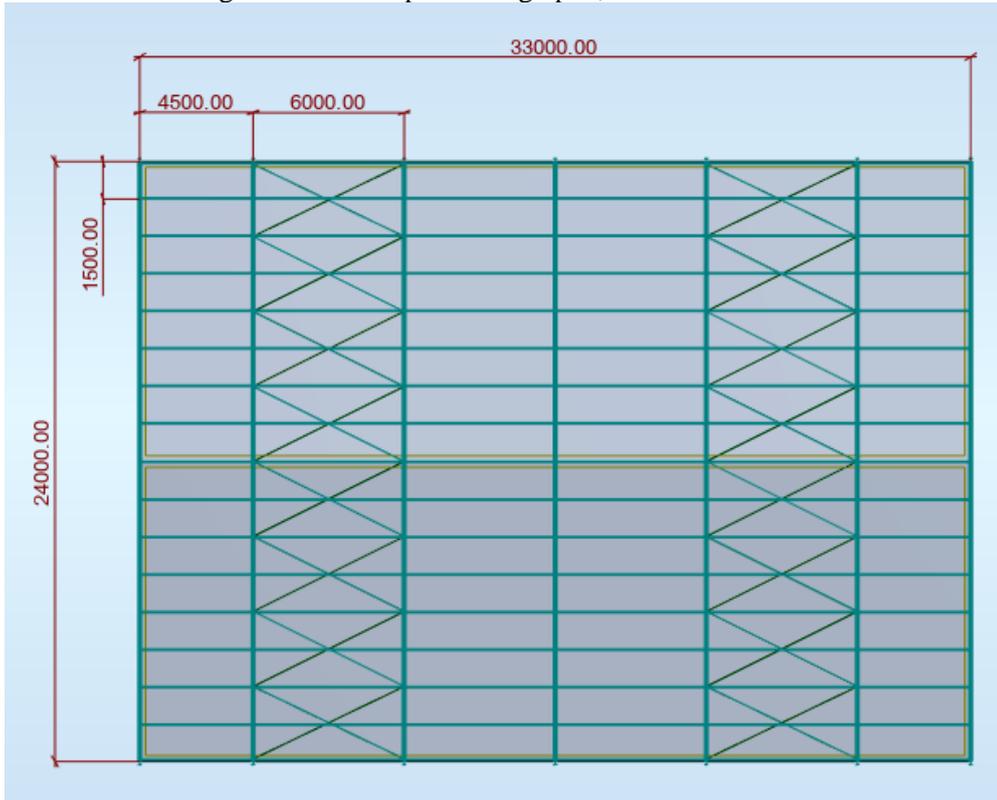
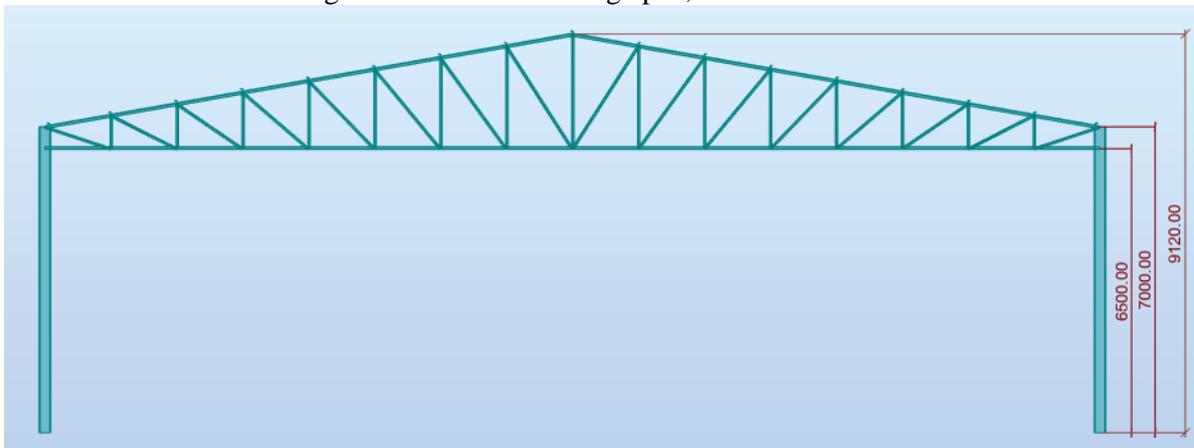


Figura 3. Vista frontal do galpão, unidades em mm.



A Tabela 1 mostra os dados iniciais para a posteriores combinações dos esforços de cálculo, segundo o Estado Limite Ultimo (ELU) e de Serviço (ELS) quase permanentes e frequentes. A Tabela 2 traz os equacionamentos para os Estados Limites utilizados

Tabela 1. Cargas para dimensionamento do galpão

Peso Próprio (PP)	Calculado pelo Software <i>Robot</i> ®
Peso do Telhado (PT)	0,24 kN/m ²
Sobrecarga (SC)	0,25 kN/m ²
Vento de 90° (V90)	Calculado pelo Software <i>Visual Ventos</i> ®
Vento de 0° (V0)	Calculado pelo Software <i>Visual Ventos</i> ®
Carga Nocional (CN)	0,3% das Cargas Gravitacionais

Tabela 2. Combinações de estados limites

Caso de Combinação	Estado Limite	Formulação
C1	ELU	$1,25.(PP+PT)+1,00.CN+1,4.SC$
C2	ELU	$1,00.(PP+PT)+1,00.CN+1,4.V90$
C3	ELU	$1,00.(PP+PT)+1,00.CN+1,4.V0$
C4	ELS - QP	$1,00.(PP+PT)+0,30.SC$
C5	ELS - F	$1,00.(PP+PT)+0,30.SC+0,30.V90$
C6	ELS - F	$1,00.(PP+PT)+0,30.SC+0,30.V0$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 3 e 4 mostram os esforços de projeto devido às cargas atuantes, com suas respectivas combinações, nos casos A e B, respectivamente. Como pode se observar, para esse estudo em específico, os esforços solicitantes de cálculo não são muito diferentes, com um alívio das tensões no caso B em relação ao primeiro.

Tabela 3. Caso A

Elemento	Tração (kN)	Caso	Compressão (kN)	Caso	Cortante (kN)	Caso	Momento (kN.m)	Caso
Banzos	152,59	C1	168,77	C1	0	-	0	-
Travejamento	157,39	C1	60,44	C2	0	-	0	-
Pilares	25,28	C2	70,07	C1	79,83	C1	39,91	C1

Tabela 4. Caso B

Elemento	Tração (kN)	Caso	Compressão (kN)	Caso	Cortante (kN)	Caso	Momento (kN.m)	Caso
Banzos	165,96	C1	173,55	C1	0	-	0	-
Travejamento	152,75	C1	78,99	C2	0	-	0	-
Pilares	26,73	C2	70,12	C1	80,64	C3	40,27	C4

As divergências nos esforços gerados em ambos os casos não foram significativas o suficiente para induzir mudanças nos perfis adotados no dimensionamento, o que pode ser atribuído ao fato de a estrutura apresentar dimensões não muito avantajadas. A Tabela 5 apresenta os perfis adotados.

Tabela 5. Perfis Estruturais Adotados

	Peças	Contraventamentos
Banzos	2L 64 x 64 x 6,3	Cobertura Barra 12,5
Travejamento	2L 51 x 51 x 6,3	Pilares Barra 16,0
Terças	U 6"x 12,2	
Pilares	W 250 x 38,5	

As maiores diferenças entre os dois casos se deram nos deslocamentos e nas cargas transferidas para as bases. Apesar de ambos os casos respeitarem os limites de deslocamento da NBR 8800:2008, houve uma diferença de 11mm no deslocamento horizontal entre os mesmos, como pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6. Deslocamentos no galpão devidos aos esforços

	CASO A		CASO B	
	Deslocamento	Caso	Deslocamento	Caso
Vertical (mm)	24	C1	25	C1
Horizontal (mm)	4	C5	15	C5

As cargas nas bases apresentaram a diferença principal de que existe a transferência de momento no caso A, a despeito do caso B. Todavia, as demais cargas também apresentaram divergências pouco expressivas. A Tabela 7 apresenta as cargas transferidas para as bases em ambos os casos.

Tabela 7. Cargas transmitida às bases dos pilares

	CASO A		CASO B	
	Valor	Caso	Valor	Caso
Tração (kN)	22,54	C1	23,99	C1
Compressão (kN)	70,11	C2	70,16	C2
Cisalhamento (kN)	16,16	C3	14,98	C3
Momento (kN.m)	31,04	C3	0	-

CONCLUSÃO

As vinculações das bases dos pilares metálicos, assim como as demais conexões entre os elementos estruturais de aço, necessitam de um cuidado que nem sempre é dedicado pelo projetista, o que pode causar problemas quanto a segurança e a economia na estrutura. As bases de pilares de aço são muitas vezes negligenciadas por serem consideradas elementos simples, sendo frequentemente adotadas soluções engastadas sem a devida avaliação de viabilidade da adoção da rotulação, o que pode acarretar situações antieconômicas (Santos & Barboza, 2018). O trabalho se propôs a analisar as diferenças no comportamento estruturas de ambas as bases, afim de fornecer parâmetros de comparação, embasados em análise computacional, para projetos e trabalhos futuro com mesma temática.

Com as análises foi possível inferir que, para a estrutura analisada, as diferenças entre os esforços não são significantes o suficiente para interferir no dimensionamento dos elementos estruturais do sistema. Logo, não existe justificativa para a utilização de bases engastadas em detrimento das rotuladas, que apesar de apresentarem maior deslocabilidade, são conhecidamente mais leves.

REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6120 - Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações. Rio de Janeiro. 1 ed. 1980.
- _____. NBR 6123 - Forças Devidas ao Vento em Edificações. Rio de Janeiro. 1 ed. 1988.
- _____. NBR 8800 - Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios. Rio de Janeiro. 2 ed. 2008.
- Bellei, I. H. Edifícios de Industriais em Aço. PINI. São Paulo. 2 ed. p.233. 1994.
- BRASILIT. Saint-Gobain. Telha Ondulada - Catálogo Técnico Brasilit. Disponível em <<http://www.brasilit.com.br/pdf/catalogo-tecnico-telha-ondulada-brasilit.pdf>>. Acesso em 03 de junho de 2018.
- Santos, A. D. A.; Barboza, A. S. R. Análise Técnico-Científica de Pórtico Plano de Galpões em Aço com Bases Rígidas e Rotuladas. In: Congresso de Engenharia, 11, Maceió. Anais... Maceió, 2018.