



CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE COBERTURAS LEVES COM ESTRUTURAS DE ALUMÍNIO

DOS SANTOS, Antônio Marcos Melo¹.

CAVALCANTE, Gustavo Henrique Ferreira².

¹ Graduando em Engenharia Civil, FAT, Maceió, Alagoas, amarcospdf@gmail.com.

² Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Alagoas (2014). Mestre em Engenharia Civil na área de concentração de Estruturas pela Universidade Federal de Alagoas (2016). Doutorando em Engenharia Civil na área de concentração de Estruturas e Geotécnica pela Universidade Estadual de Campinas. Professor do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Salesiano de São Paulo. Campinas, São Paulo, ghenriquefc@hotmail.com.

³ Trabalho elaborado com apoio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica FAPEC/FAT.

Resumo. *Este trabalho foi elaborado no intuito de apresentar uma forma ecológica e leve para as coberturas de edificações convencionais, substituindo a madeira, geralmente usada nesse tipo de estrutura, por perfis extrudados de alumínio, os quais são considerados ótimos produtos recicláveis. Sendo assim, o objetivo foi apresentar vantagens desse tipo de material e um roteiro de cálculo, tudo para expor as ações que agem sobre essas estruturas e como é realizado o dimensionamento. Todavia, não há um grande acervo de trabalhos técnicos na área, nem uma norma brasileira que oriente o dimensionamento de estruturas de alumínio, logo os estudos foram conduzidos pela adoção da EUROCODE 9 (2007). Para validação desse tipo de solução, foi elaborado um exemplo de cobertura e comparado com Moliterno (2010), no qual adotou uma cobertura em estruturas de madeira, e por fim, os resultados conduziram à redução do peso da estrutura a partir da utilização de perfis mais esbeltos quando comparados às estruturas de madeira, tornando esta solução interessante tanto ecologicamente quanto estruturalmente.*

Palavras-chave: Estruturas de alumínio; Perfis extrudados de alumínio; Produtos recicláveis.

1 INTRODUÇÃO

Grande parte das inovações aplicadas às áreas da produção e consumo humano parte das descobertas feitas pelas áreas das engenharias e, quando se trata da construção de edificações, a engenharia civil é a grande pioneira nos estudos e implementações de diferentes artifícios que possam trazer conforto à população mundial.

Ao tratar do produto que foi abordado nesse projeto, a Associação Brasileira do Alumínio (ABAL, 2016) aponta que de toda produção das latas de alumínio no Brasil em 2014, 98,4% foram recicladas, deixando o país na liderança do ranking, posto que ocupa desde 2001. O que, de fato, exprime a importância ambiental desse metal, junto a outros que são usados no mundo da construção civil. Além disso, a ABAL (2012) afirma que esse material reciclado não perde nenhuma das propriedades físico-química que possuem em seu estado inicial.

Nesse panorama, o alumínio aparece como um agente de alta representatividade, uma vez que além de ser muito flexível quanto às formas de uso, suas ligas apresentam maior durabilidade quando comparado aos outros materiais. Além disso, é reciclado quase que em sua totalidade.

Ainda sobre o metal, segundo ABAL (2012), a elevada resistência à corrosão dar-se porque quando o alumínio líquido é exposto à atmosfera, forma-se imediatamente uma fina e invisível camada de óxido, a qual protege o metal de oxidações posteriores, gerando um mecanismo de autoproteção. Destaca-se que esse fenômeno também está descrito no Anexo D da EUROCODE 9 (2007).

O modelo da cobertura no qual foi realizado uma análise do comportamento estrutural, teve dimensões semelhantes às utilizadas em um projeto de uma coberta de madeira elaborado por Moliterno (2010), alterando-se a treliça usada, posto que o autor adotou tesouras do tipo Howe, sendo comum para estruturas de madeira, conseqüentemente a inclinação do telhado também precisou ser corrigida para as variações na geometria das treliças e para a escolha das telhas utilizadas.

Propõe-se apresentar uma estrutura sustentável e tecnicamente viável, optou-se por adotar a estrutural em alumínio e telhas termoacústicas de aço, posto que possuem boa resistência e são recicláveis, tornando o projeto sustentável.

2 DESENVOLVIMENTO

Devido ao uso de telhas termoacústicas, dispensa-se o uso de ripas e caibros, ou seja, a estrutura da cobertura de alumínio é composta apenas por banzos superiores e inferiores, montantes, diagonais e terças. Já a estrutura de madeira detalhada por Moliterno (2010) possui tesouras Howes com o emprego de terças, ripas e caibros, já que as telhas adotadas não vencem grandes vãos.

2.1 Caracterização geométrica

A geometria das treliças usadas neste projeto estão dispostas na Fig. 1, nela é possível visualizar as dimensões e as posições dos apoios e dos elementos que as compõem. Destaca-se que os montantes estão igualmente espaçados. Os perfis escolhidos para as diagonais e os montantes são cantoneiras de abas iguais, já os banzos superiores e inferiores são perfis U.

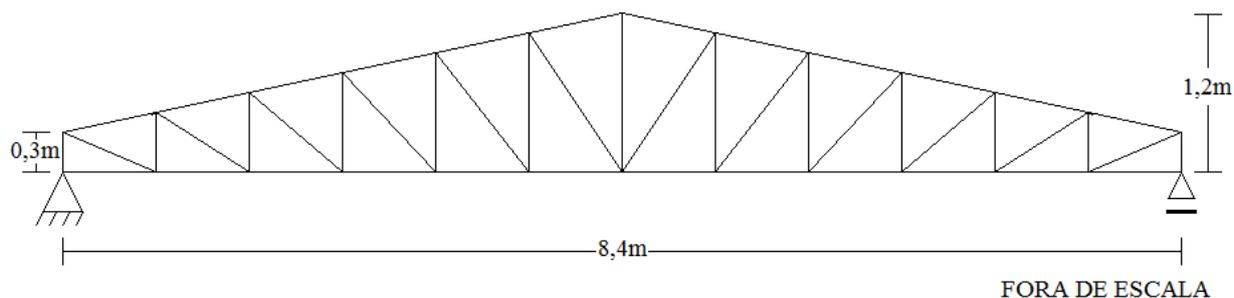


Figura 1. Geometria da treliça característica do projeto

2.2 Carregamentos

Para os carregamentos que atuam na estrutura, considera-se que são: (a) permanentes, (b) de sobrecarga e (c) de vento. Desta forma, foram desprezadas as ações indiretas e excepcionais como: (a) incêndio, (b) deformação lenta, (c) variação de temperatura etc.

2.2.1 Peso próprio

De acordo com a NBR 6120 (1980), o carregamento permanente é constituído pelo peso próprio da estrutura, pelo peso de todos os elementos construtivos fixos e instalações permanentes. Assim sendo, foram compreendidos o carregamento das terças, treliças e telhas. Neste projeto, esses carregamentos foram estimados como 15kgf/m^2 . Contudo, nas terças esse carregamento será de aproximadamente 8kgf/m^2 , em razão de que estão apenas o carregamento das telhas e das próprias terças.

2.2.2 Sobrecarga

Quanto à sobrecarga acidental, foi empregado o valor disposto no Anexo B da NBR 8800 (2007), como sendo 25kgf/m^2 , uma vez que não há especificações mais concretas para esse tipo de estrutura.

2.2.3 Vento

Para converter a velocidade de vento em ação externa, a NBR 6123 (1988) dispõe valores que transformam a velocidade básica (V_0) do vento em carga de pressão, ou seja, na pressão dinâmica (q). Mas para que seja usada, essa velocidade básica, ela precisa ser incorporada às características do local da edificação. Para esse caso, a norma citada dispõe um mapa de informações da distribuição dos ventos pelo território nacional. Esse mapa contém as isopletas de cada região. Esse processo gera uma velocidade característica do vento. A isopleta analisada está na região que engloba a cidade de Maceió

A representação dos valores mais pertinentes encontrados nos cálculos está na Fig. 2, com as posições que incidem sobre o telhado, independente das direções que a massa característica de vento age sobre as faces das estruturas.



Figura 2. Distribuição de cargas devido ao vento

2.2.4 Combinações das ações normais

As combinações das ações permanentes e acidentais têm um critério de associação entre elas, essas associações são encontradas – para este caso, por se fazer uso das normas europeias – na EUROCODE (2002), que está disposta na Eq. 1. Como a equação citada mostra, cada ação será multiplicada por um fator de ponderação diferente, que tende a majorar cada carregamento.

$$N_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{g,j} G_{k,j} + \gamma_p P + \gamma_{q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{q,i} \Psi_{q,i} Q_{k,i} \quad (1)$$

Onde:

N_d é o valor do esforço normal de cálculo;
 $\gamma_{g,j}$ é o fator parcial para ação permanente j;
 $G_{k,j}$ é o valor característico da ação permanente j;
 γ_p é o fator parcial para ação de pré-esforço;
 P é o valor do pré-esforço;
 $\gamma_{q,1}$ é o fator parcial para ação variável;
 $Q_{k,1}$ é o valor característico para ação variável;
 $\gamma_{q,i}$ é o fator parcial para ação variável secundária;
 $\Psi_{q,i}$ é o fator de combinação para ações variáveis;
 $Q_{k,i}$ é o esforço variável secundário.

Foram usados os valores dos coeficientes de ponderação para as cargas permanentes, sobrecarga e vento, respectivamente: 1,35; 1,5; e 1,5. E, como de combinação, foi usado: 0,6. Por ser o recomendado para o vento através da tabela A 1.1, da EUROCODE (2002).

2.3 Verificação dos esforços internos solicitantes

Para que seja feita a verificação de cada esforço solicitado nos perfis que integram a estrutura, a EUROCODE 9 (2007) ilustra fórmulas que condicionam esses materiais de acordo com suas propriedades físicas específicas.

Feitas as verificações nos estados limites últimos, o perfil usado nas diagonais e montantes da treliça é a cantoneira CT- 438, do catálogo da ALCOA (2015) e o perfil adotado para ser aplicado nas terças e banzos foi o perfil U PU – 628, do catálogo da ALCOA (2015).

2.3.1 Deslocamentos máximos das terças

Na obtenção das flechas (f) nas terças, utilizou-se a teoria de vigas, sendo as terças representadas como vigas biapoiadas com um carregamento distribuído. Para este caso específico, Hibbeler (2010) apresenta a solução analítica descrita na Eq. 2. Já na verificação das flechas admissíveis (f_{adm}) usa-se, tanto para as terças quanto para a treliça, de acordo com o EUROCODE (2002), o valor da Eq. 3, pois é um valor cômodo e usualmente adotado para estes elementos.

$$f = \frac{5 Q L^4}{384 E I} \quad (2)$$

Onde:

Q é a carga distribuída sobre a terça;
 L é o vão da terça;
 E é o módulo de elasticidade do perfil;
 I é o momento de inércia do perfil.

$$f_{adm} = \frac{L}{250} \quad (3)$$

2.3.1 Deslocamentos máximos nas treliças

Para determinação dos deslocamentos máximos nas treliças, foi escolhido o Princípio dos Trabalhos Virtuais (PTV), da forma como fora apresentado por McCormac (2009). Por fim, também estava dentro dos limites proposto na Eq. 3.

3 CONCLUSÃO

Como o objetivo do projeto é substituir a madeira usada em cobertas de edificações convencionais por peças de alumínio, cabe compará-las e identificar os pontos positivos e negativos:

- a) *Agilidade de instalação:* o telhado de alumínio mostra-se com maior facilidade na instalação, pois a coberta, qual calculamos, contém menores números de peças, como também se ganha tempo com a instalação das telhas, por serem de grandes dimensões.
- b) *Vantagens ecológicas:* a produção de madeira para a construção civil é, em muitas vezes, não regulamentada, o que ocasiona a degradação de áreas fundamentais à saúde ambiental do planeta. Devido a isso, apesar de ter origem de extração ambiental, o alumínio sobressai-se quanto às formas de reuso, já que esse material pode ser reciclado diversas vezes sem perder qualidades mecânicas;
- c) *Peso próprio da estrutura:* com dados retirados do projeto de Moliterno (2010) pode-se verificar que o peso permanente da estrutura representa valor superior a dez vezes do que contém em nosso projeto, o exibe o quão baixo será o esforço causado por nossa coberta sobre a estrutura;

d) *Relação custo-benefício*: a comparação de preços entre os materiais foi interrompida por falta de produtos disponíveis no mercado da região, devido à falta de construções dessa natureza. Dessa forma, obras construídas com produtos provindos de madeiras e do aço são mais acessíveis;

e) *Vida útil*: a estrutura erguida como proposta por este projeto terá longa vida útil, já que os materiais são resistentes às diversas ações das intempéries. Por exemplo, resistência à corrosão, que se mostra superior às estruturas de aço, em regiões litorâneas.

REFERÊNCIAS

ALCOA. **Perfiz Extrudados de Alumínio**. Catálogo de perfis standard. Disponível em: http://www.bahiaaluminio.com.br/wp-content/uploads/2013/01/Catalogo-Standard_Baixa-Resolu%C3%A7%C3%A3o.pdf. Acesso em: 05 de dezembro de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cargas para o cálculo de estrutura de edificações**. Rio de Janeiro, Brasil, 1980.

_____. ABNT/NBR 6123. **Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro, Brasil. 1988.

_____. ABNT/NBR 8800. **Projeto de estruturas de aço e estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. Rio de Janeiro, Brasil. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (ABAL). **Reciclagem no Brasil**. Disponível em: <http://www.abal.org.br/sustentabilidade/reciclagem/reciclagem-no-brasil/>. Acesso em: 02 de dezembro de 2016.

_____. **Fundamentos e aplicações do alumínio**. 2ª edição, maio de 2007. Versão eletrônica revisada em setembro de 2012, São Paulo. 2012.

EUROCODE. EN 1990:2002 E. *Basis of structural design*. 2002

_____. EN 1999-1-1. *Design of aluminium structures: Part 1-1. "General structural rules"*. 2007.

MCCORMAC, J. C. *Análise estrutural: usando métodos clássicos e métodos matriciais*/Jack C. McCormac; tradução e revisão técnica Amir Kurban. LTC, Rio de Janeiro, 2009.

MOLITERNO, A. **Caderno de projetos de telhados em estruturas de madeira**. 4ª edição. Editora Blücher, São Paulo. 2010.

Vasconcellos, A. L. **Ações e segurança nas estruturas sujeitas ao vento**. ENGEDUCA®. 2016.