

IX CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA
GRANDE



PIBIC/CNPq/UFCA-2011

**ESTUDO DE TRELIÇAS COPLANARES PARA COBERTURAS DE CONSTRUÇÕES
RURAIS**

Francisco Cássio Gomes Alvino¹ & José Pinheiro Lopes Neto²

RESUMO

O uso de treliças em construções no meio rural é, em geral, feito sem qualquer procedimento técnico adequado de dimensionamento e construção o que representa risco de colapso da cobertura. O tipo mais comum encontrado em edificações na zona rural é a treliça do tipo Howe muito possivelmente devido à facilidade de construção e o não conhecimento de outros modelos igualmente eficientes. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo realizar uma análise teórica do comportamento estrutural de treliças de banzos inclinados que possam ser utilizados nas coberturas das construções rurais. As geometrias de treliças de banzos inclinados escolhidas foram a Howe, Pratt e Belga pela facilidade de montagem na própria fazenda. Para a determinação dos esforços uniaxiais nas barras foi escolhida a metodologia de Cremona sendo empregada em duas situações distintas: I. uma construção de 6m de vão e 62,5 m de comprimento e II. uma construção de 12m de vão e 125 m de comprimento. Por fim, foi determinado o consumo de madeira e parafusos exigido por cada modelo utilizando-se as propriedades mecânicas da madeira da espécie rouxinho (*Peltogyne lecointei*). Conclui-se que o modelo de treliça de banzos inclinado mais adequado e econômico a ser empregado nas construções rurais é a treliça tipo belga por apresentar maior resistência mecânica e menor consumo de madeira para ambas as situações analisadas.

Palavras-chave: madeira, estrutura, barras

TRUSSES COPLANAR STUDY FOR COVERAGE OF RURAL BUILDINGS

ABSTRACT

The use of trusses in rural areas in buildings is generally done without any technical procedure suitable design and construction which is the risk of collapse of the roof. The most common type found in buildings in the countryside is a Howe truss type most likely due to ease of construction and not aware of other equally efficient models. Thus, this study aimed to perform a theoretical analysis of the structural behavior of trusses sloping flanges that can be used on the roofs of farm buildings. The geometries of flanges bent trusses were chosen Howe, Pratt and Belgian ease of assembly on the farm. To determine the uniaxial efforts bars was chosen methodology Cremona being used in two different situations: I. a construction will 6m and 62.5 meters long and II. construction of a 12m span and 125 m in length. Finally, it was determined and the consumption of wood screws are required for each model using the mechanical properties of wood species rouxinho (*Peltogyne Lecointei*). It is concluded that the model of trusses uprights tilted more suitable and economical to be used in rural buildings is the

¹Aluno do Curso de Agronomia, Unidade Acadêmica de Ciências Agrária, UFCA, Universidade Federal de Campina Grande, UFCA, Pombal – PB E-mail: cassioalvino@hotmail.com

²Eng^o. Agrícola, Professor. Doutor, Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias UAGRA/UFCA. E-mail: neto@ccta.ufca.edu.br

Belgian type trusses due to its higher strength and lower consumption of wood for both situations analyzed.

Keywords: : Wood, structure, bars

INTRODUÇÃO

No Brasil, frequentemente o termo construção rural é associado a uma edificação rústica, simples, de baixo custo de implantação e manutenção e sem qualquer rigor técnico sendo destinada, em geral, ao manejo e abrigo de animais. Currais, estábulos, galpões para criação de aves, suínos, caprinos e ovinos encontrados em diversas regiões do Brasil, sobretudo nos estados do Norte e Nordeste, certamente se enquadram na descrição apresentada.

Ultimamente, este cenário passa por diversas transformações uma vez que, com o advento de novas tecnologias e aumento da competição comercial, aspectos como custos, facilidade de construção e manutenção, apesar de relevantes no projeto, aos poucos estão dividindo as atenções com a necessidade de se ter instalações que permitam maior produtividade pelo aumento do conforto ambiental oferecido aos animais e tratadores, pelo emprego de técnicas construtivas mais eficientes e pelo uso de materiais mais adequados a cada situação.

Nos aviários, por exemplo, existe a tendência de se padronizar as dimensões comerciais devido à relação custo de produção de cada ave/número de aves a serem criadas; o uso de comedouros e bebedouros automáticos passou a ser de caráter obrigatório para uma criação comercialmente competitiva, enquanto que a estrutura de cobertura, os materiais que a compõem, o uso de cortinas, ventiladores, umidificadores e revestimento térmico do piso passaram a ser essenciais para a manutenção de um microclima adequado visando o bem estar animal.

Dentre os fatores ambientais que afetam o conforto das aves, a temperatura, a umidade relativa do ar, a velocidade do ar e a radiação solar, são consideradas mais importantes para as aves. Esses fatores comprometem sua função vital mais essencial, que é a manutenção da própria homeotermia. Se estas condições estão próximo das ideais, a probabilidade de se obter alta produtividade é grande (TINOCO, 1996).

Segundo (CAMARGO & SILVA 2001), a maioria dessas construções geralmente apresenta forma retangular em planta, telhado de duas águas, piso de concreto simples com revestimento em argamassa de cimento e areia e pequena mureta em alvenaria em todo o perímetro.

Um dos elementos responsáveis por contribuir para a manutenção do conforto térmico dentro das instalações é a cobertura, devendo ser projetada de forma a absorver a maior parte da irradiação solar sem retransmiti-la por completo para o ambiente interno (construção no sentido Leste-Oeste), ter inclinação suficiente para o escoamento das águas pluviais, ser de baixo custo e de fácil construção.

Segundo (CALIL JUNIOR & MOLINA 2010), a cobertura deve proteger a construção das intempéries (chuva, poeira, radiação solar, ventos, temperatura extremas), sem perder sua estabilidade estrutural ao longo de toda sua vida útil, devendo ter também, risco baixo e aceitável de incêndio. O desempenho estrutural, térmico e acústico, o nível de segurança contra incêndio, a funcionalidade e acessibilidade e as condições de durabilidade e possibilidade de manutenção são aspectos fundamentais que devem ser observados na avaliação de uma estrutura.

Segundo (FERREIRA 2005), o material de cobertura de uma construção para animais deve apresentar altas refletividade e resistência térmica, minimizando a transferência de calor proveniente da radiação solar para o interior da construção.

Em geral, as coberturas são compostas pelo telhado (conjunto de telhas dos mais variados materiais, formas e tamanhos), pela trama (entrelaçado de peças cuja função é dar sustentação às telhas), pela estrutura de sustentação da trama (treliça), pelo sistema de contraventamento (travamento das treliças de forma a absorver as ações horizontais atuantes) e pelo sistema de captação de águas pluviais (calhas).

Como opção adequada para o telhado de construções zootécnicas, (FERREIRA 2005), indica as telhas de barro pelo fato de serem muito eficientes por sua característica de amortecimento térmico e conforto proporcionado.

Conforme (CALIL JUNIOR & DIAS 1997), em função das considerações arquitetônicas pelo tipo e comprimento das telhas, pelas condições de apoio, vão e economia, aconselha-se dentre os tipos de treliças, as de banzos inclinados. Alguns dos tipos comuns de treliças de banzos inclinados são as conhecidas Howe, Pratt, Belga, e Bowstring (Figura 1).

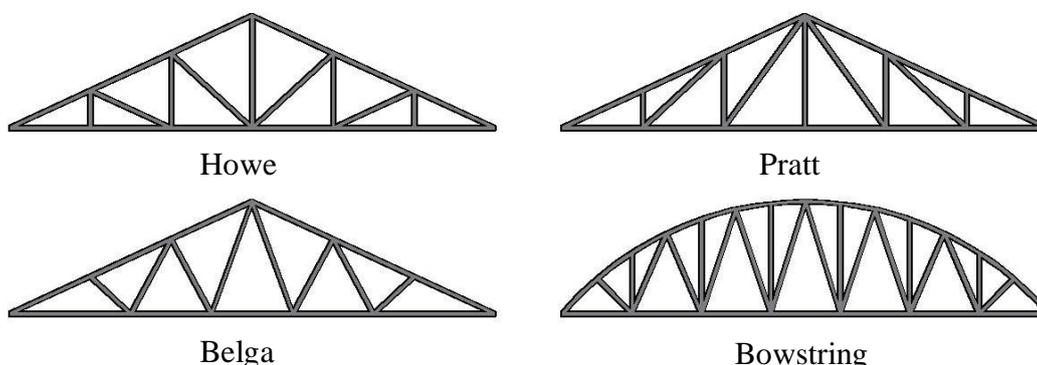


Figura 1. Geometria das treliças de banzos inclinados

No meio rural, comumente encontram-se estruturas que, quando se utilizam de treliças, o fazem, adotando a forma simplificada da treliça tipo Howe (Figura 2), entretanto, vários outros modelos podem ser aplicados a esses tipos de construção.



Figura 2. Treliça comum no meio rural

A escolha do modelo ideal para cada situação deverá ser norteado pela forma geométrica das instalações, uso ou não de lanternins, pelas cargas provenientes dos outros elementos que compõem a cobertura, experiência dos construtores, grau de facilidade de construção e esforços desenvolvidos em cada barra.

Quanto a esse último item, é importante que se conheça que devido ao fenômeno da flambagem de peças com índice de esbeltez elevado, é desejável que as barras mais compridas estejam destinadas aos esforços de tração e as mais curtas se destinem a combater esforços de compressão. Esse conceito torna-se, então, fundamental para a escolha do modelo correto de treliça a ser adotado.

O objetivo deste trabalho foi de realizar, uma análise teórica do comportamento estrutural de treliças de banzos inclinados que possam ser utilizados para coberturas de construções rurais.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Construções Rurais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), *campus* de Pombal.

As treliças tipo Howe, Pratt, e Belga (Figura 3) foram estudadas para dois comprimentos de vão: até 6 m e até 12 m. Os outros elementos que compõem uma cobertura serão adotados igualmente para análise dos três tipos de treliças pelo método de Cremona, conforme indicações de SHEPPARD & TONGUE (2007).

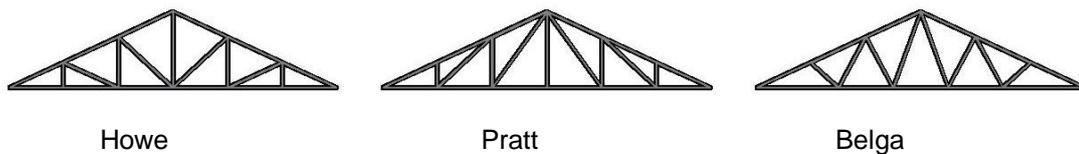


Figura 3. Geometria das treliças a serem estudadas

Foram estudadas as seguintes hipóteses para as edificações a serem cobertas: Hipótese 1: Largura 6 m e comprimento 62,5 m e Hipótese 2: Largura: 12 m e comprimento 125 m. Para ambas as hipóteses foram considerados:

- ✓ Oitões abertos;
- ✓ Telhado em duas águas, simétrico e com inclinação de 22°;
- ✓ Pé – direito igual a 4 m;
- ✓ Telha cerâmica tipo colonial (peso/m² = 320 N)
- ✓ Beiral: 0,5 m
- ✓ Para o cálculo do consumo de madeira para a espécie rouxinho foram adotadas as seguintes características: $f_{c0k} = 61,2$ MPa, $E_{c0,m} = 20.097$ MPa e $\rho_{aparente} = 1008$ kg/m³, onde f_{c0k} é a resistência característica da compressão paralela às fibras, $E_{c0,m}$ o módulo de elasticidade paralelo às fibras e $\rho_{aparente}$ a densidade da madeira.

Adotando-se o procedimento de BOTELHO (2008) foi estudado o Grau de Estaticidade (g) nos três modelos de treliça á Howe, Pratt, e Belga onde foi determinado o número que caracteriza o equilíbrio entre os movimentos de corpo rígido e as vinculações numa estrutura, possibilitando classificar os sistemas estruturais como: hiperestáticos (vinculação em excesso), isostáticos (número mínimo de vínculos) e hipoestáticos (vinculação deficiente). A vinculação deve estar disposta eficientemente.

O grau de estaticidade (total), g_t , de uma estrutura foi dado por:

$$g_t = C_1 + 2C_2 + 3C_3 - 3m$$

onde C_i é o somatório dos graus de conexão dos vínculos de classe i em todos os nós da estrutura. O grau de conexão, C , em um nó é dado por: $C = r - 1$, onde r é o número de barras concorrentes no nó. O número de barras da estrutura é dado por m .

Calculou-se, também, o grau de estaticidade interno e externo da estrutura. A fórmula acima pode ser usada para calcular o grau de estaticidade externo, g_e , da estrutura onde esta seria considerada apenas como um único corpo rígido ($m = 1$), ou seja:

$$g_e = C_1 + 2C_2 + 3C_3 - 3$$

O grau de estaticidade interno, g_i , pode ser calculado simplesmente subtraindo-se o g_e do g ou usando-se a seguinte fórmula:

$$g_i = C_1 + 2C_2 + 3C_3 + 3$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 4 encontram-se os resultados dos esforços sofridos nas diversas barras que compõem a treliça do tipo Howe com 6 m de vão (Hipótese 1) onde pode-se observar que os maiores esforços axiais de compressão sofridos foram nas barras AB e FH com uma força de 11040,72 N, enquanto que para as barras BC e FG os esforços teóricos registrados foram nulos significando, a princípio, a não necessidade de sua existência.

Já os esforços de tração uniaxial foram máximos para todas as barras que compõem o banzo inferior (10251,0 N) sendo registrado, ainda, um menor esforço de tração para a barra DE igual a 2733,6 N.

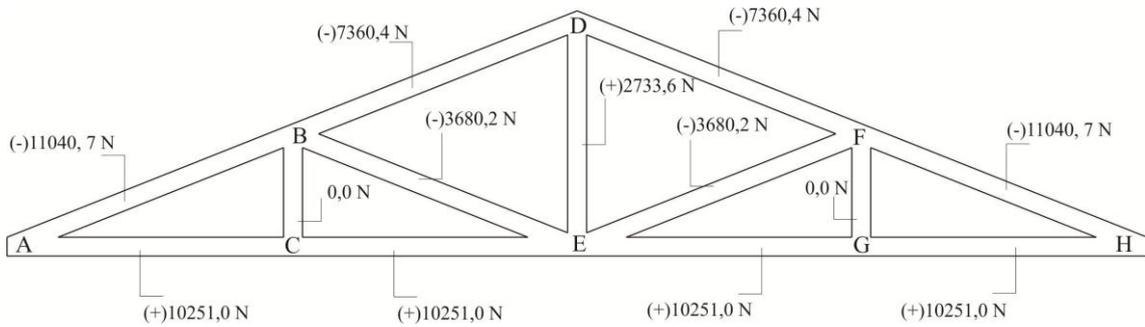


Figura 4. Composição das cargas nas barras da treliça Howe com vão 6 m.

Na Figura 5 observam-se as composições das cargas nas barras da treliça do tipo Pratt com vão de 6 m. As barras AB, FG, BD e DF apresentam esforços axiais de compressão semelhantes com valor de 11040,7 N, enquanto que as barras BC e FE obtiveram menores esforços axiais quando comparadas com as demais barras de compressão obtendo 2733,6 N cada.

Observa-se ainda na Figura 5 que as barras do banzo inferior apresentam forças de tração diferentes, fato não ocorrido para a treliça Howe. Isto significa a possibilidade de economia em uma das barras com o inconveniente da necessidade de cuidados maiores para as ligações entre elas.

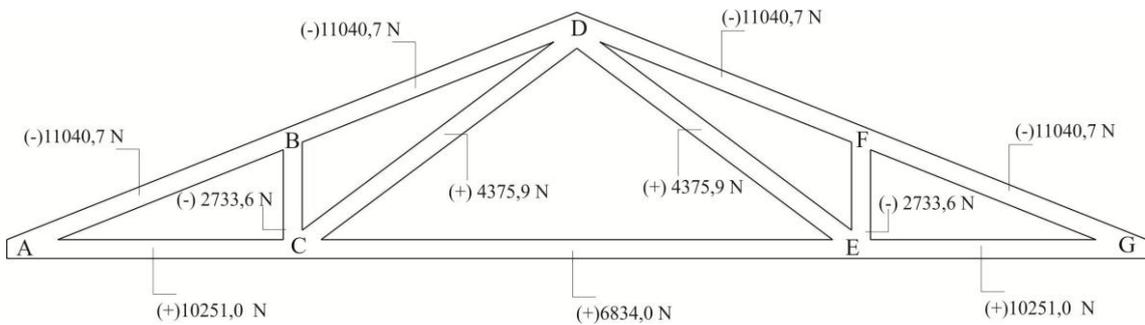


Figura 5. Composição das cargas nas barras da treliça Pratt com vão 6 m.

Na Figura 6 encontram-se os resultados dos esforços axiais sofridos na treliça Belga com vão de 6 m. Observa-se que as barras AB e FG possuem um maior esforço axial (7969,7 N) quando comparadas com as demais barras de compressão da treliça do tipo Belga; já os esforços sofridos nas barras BC e FE foram os que tiveram uma menor força (885,5 N) em relação às forças de tração exercidas nas demais barras da treliça do tipo Belga.

Semelhante ao observado para a treliça Pratt, a do tipo Belga apresenta esforços diferenciados para as barras que compõem o banzo inferior (AC e EG = 6834,0 N e CE = 5696,0 N).

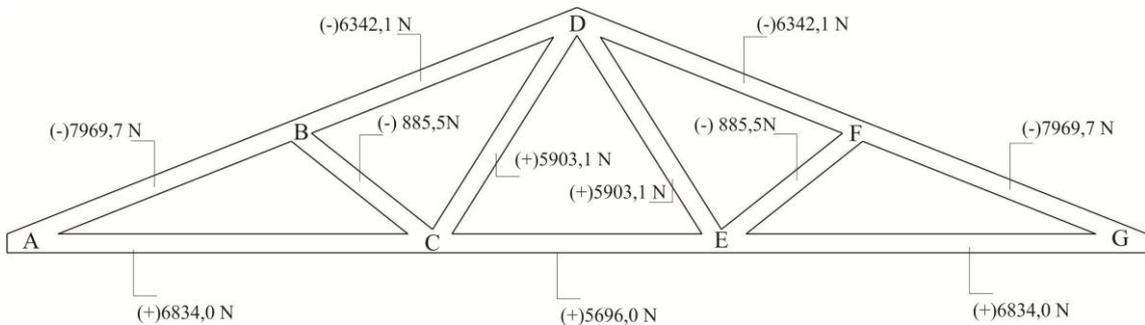


Figura 6. Composição das cargas nas barras da treliça Belga com vão 6 m.

Observando-se os esforços axiais de compressão e tração sofridos nas barras das treliças do tipo Howe, Pratt e Belga com vão de 6 m, pode-se afirmar que a treliça Pratt foi que apresentou um somatório superior de forças sofridas por suas barras totalizando 46275,9 N; a treliça Belga obteve os menores esforços axiais nas suas barras com um total de 28320,3 N. Já as barras da treliça Howe obtiveram um total de esforços de 45316,9 N.

Abaixo se pode observar a Figura 7 que representa a composição das forças exercidas nas barras da treliça do tipo Howe com vão de 12 m (Hipótese 2). Pode-se observar que as barras AB e FH apresentaram maiores valores de força de compressão (19030,8 N) em relação às demais. As barras AC, CE, EG e GH apresentaram esforços axiais semelhantes com uma força de 17649,3 N exercida sobre o banzo inferior, enquanto que as barras BC e FG não obtiveram nenhuma força axial. Sendo assim, estas últimas passam a não ter nenhuma necessidade de fazer parte dessa treliça.

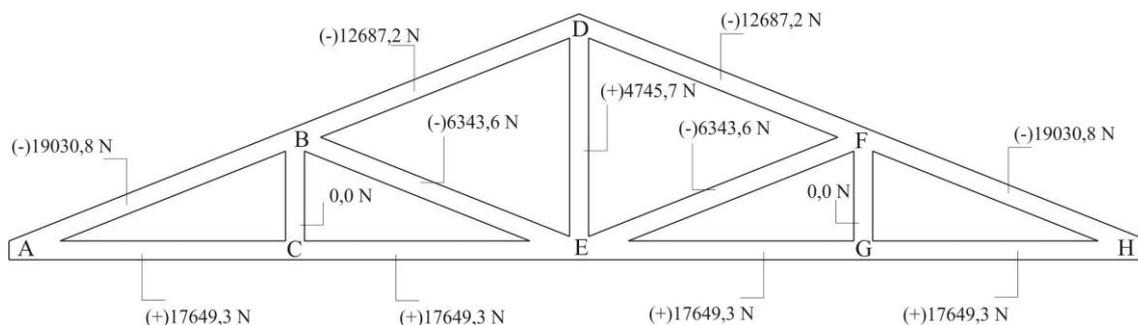


Figura 7. Composição das cargas nas barras da treliça Howe com vão 12 m.

A Figura 8 apresenta as forças dos esforços sofridos nas diversas barras da treliça do tipo Pratt com vão de 12 m, onde tem registram-se maiores esforços de compressão para as barras AB, FG, BD e DF igual a 19030,8 N. Já as barras que apresentam uma menor força exercida são as barras BC e FE com 4745,7 N cada.

Para as forças de tração nesta treliça destaca-se que o banzo inferior apresentou os maiores esforços nas barras AC e EG (17694,3 N), enquanto que os menores valores foram registrados atuantes nas diagonais CD e DE (7558,6 N).

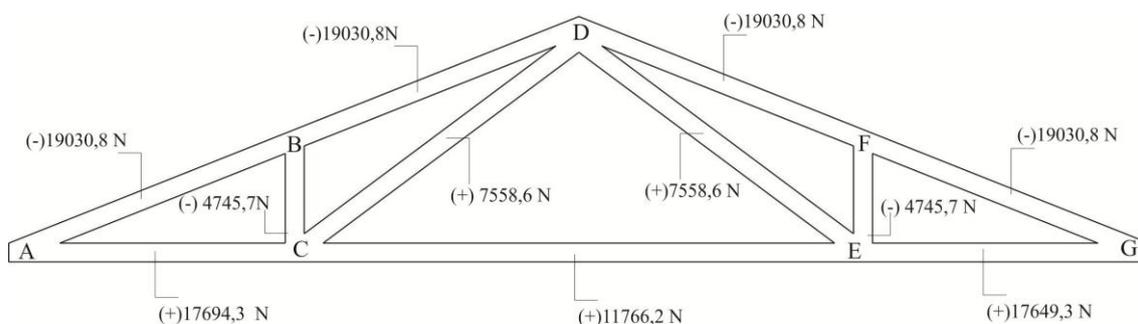


Figura 8. Composição das cargas nas barras da treliça Pratt com vão 12 m.

Podemos observar na Figura 9 logo abaixo a composição das cargas nas barras da treliça Belga com vão 12m, onde as barras BC, EF e CD, DE apresentam um mesmo valor de esforço sofrido, entretanto um de compressão e outro de tração com força de 4617,5 N. As barras que apresentam um maior esforço na treliça Belga são AB e FG com 19030,8 N.

Quanto ao banzo inferior pode-se destacar que as barras AC e EG foram as que maior apresentaram forças teóricas de tração seguidas da barra CE com 11766,2 N de força.

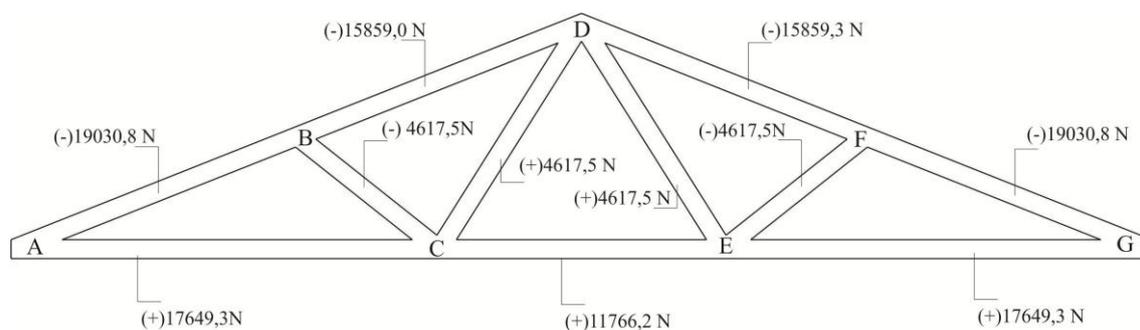


Figura 9. Composição das cargas nas barras da treliça Belga com vão 12 m.

Pode-se observar que quando comparados os esforços sofridos nas barras que compõem as treliças do tipo Howe, Pratt e Belga com vão de 12 m (Hipótese 2), a que possui maiores esforços axiais em suas barras foi a treliça do tipo Pratt com um total 79826,4 N, já a treliça do tipo Howe apresentou em suas barras o menor somatório de esforços axiais sofridos (59266,6 N). A treliça do tipo Belga apresentou-se em situação intermediária quando comparada com as treliças Pratt e Howe com um somatório de forças igual a 59266,6 N.

Na Tabela 1 encontram-se os resultados do consumo de madeira para cada barra da treliça tipo Howe com 6 m de vão. De acordo com a tabela, as barras AB, FH, AC, GH, CE e EG são as de maior consumo de madeira com 0,0012m³ cada. Foi observado ainda que para as barras BC e FG não ocorreu sua solicitação por forças axiais resultando em consumo nulo. De modo intermediário, notou-se que a barra DE apresentou menor consumo de madeira quando comparada às barras sujeitas a esforços axiais de compressão ou tração com 0,0004m³.

Tabela 1. Consumo de madeira por barra para treliça Howe com 6 m de vão.

Barra	Base (m)	Altura (m)	Comprimento (m)	Volume (m ³)
AB e FH	0,014	0,05	1,6	0, 0022
BD e DF	0,01	0,004	1,6	0, 0012
BC e FG	0	0	0	0
AC e GH	0,015	0,05	1,5	0, 0022
BE e EF	0,015	0,05	1,6	0, 0012
CE e EG	0,015	0,05	1,5	0, 0022
DE	0,01	0,04	1,2	0, 0004
TOTAL				0, 0094

Na Tabela 2 observou-se que os maiores consumo de madeira foram nas barras AB, FG, BD, DF, CE, BC e FE que tiveram um consumo idêntico com 0,0024m³ de madeira, enquanto que as barras AC e EG foram as de menor consumo com 0,003m³ de madeira cada.

Tabela 2. Consumo de madeira por barra para treliça Pratt com 6 m de vão.

Barras	Base (m)	Altura (m)	Comprimento (m)	Volume (m ³)
AB e FG	0,015	0,05	1,6	0,0024
BD e DF	0,015	0,05	1,6	0,0024
BC e FE	0,01	0,04	0,6	0,0004
AC e EG	0,015	0,05	2	0,003

CD e DE	0,01	0,04	1,9	0,0015
CE	0,01	0,04	1,5	0,0024
TOTAL				0,0121

Na Tabela 3 encontram-se os resultados do consumo de madeira utilizada em uma treliça do tipo Belga com 6m de vão. Observa-se que as barras AC e EG foram as de maior consumo de madeira com 0,0022m³ cada, enquanto que a barra que obteve um menor consumo foi a CE com 0,0006m³ de madeira.

Tabela 3. Consumo de madeira por barra para treliça Belga com 6 m de vão.

Barras	Base (m)	Altura (m)	Comprimento (m)	Volume (m ³)
AB e FG	0,01	0,05	1,6	0,0016
BD e DF	0,01	0,04	1,6	0,0012
BC e FE	0,01	0,04	0,96	0,0008
AC e EG	0,01	0,05	2,25	0,0022
CD e DE	0,01	0,04	1,42	0,0010
CE	0,01	0,04	1,5	0,0006
TOTAL				0,0074

Pode-se observar que quando comparadas as três treliças com dimensão de 6 m, a do tipo Belga foi a que apresentou um menor consumo total de madeira com 0,0074 m³ necessários à sua construção, já a do tipo Howe manteve em posição intermediária com um consumo de 0,0094 m³ de madeira, enquanto que a Pratt apresentou-se com maior exigência de volume dentre as treliças estudadas 0,0121 m³. Em termos percentuais, as treliças Pratt e Howe apresentam consumo superior à Belga em, aproximadamente, 39,3 e 30,8%, respectivamente.

Em seguida encontram-se as tabelas para as treliças com 12 m de vão. De acordo com a Tabela 4 pode-se observar o consumo de madeira para a treliça Howe, onde as barras AB e FH apresentam uma demanda de 0,0096m³ de madeira tendo assim um maior consumo quando comparadas às demais, já a barra DE possui um menor consumo de madeira com 0,0012 m³, o que representa 23% de todo consumo para este tipo de treliça.

Tabela 4. Consumo de madeira por barra para treliça Howe com 12 m de vão.

Barras	Base (m)	Altura (m)	Comprimento (m)	Volume (m ³)
AB e FH	0,03	0,05	3,23	0,0096
BD e DF	0,015	0,05	3,23	0,0048
BC e EG	0	0	0	0
AC e GH	0,03	0,05	3	0,0090
BE e EF	0,01	0,05	3,23	0,0032
CE e EG	0,03	0,05	3	0,0090

DE	0,01	0,05	2,42	0,0012
TOTAL				0,0368

Podemos observar na Tabela 4 que houve semelhança entre o consumo de madeira nas barras AB, FG, e BD e DF com 0,0096m³ para construção de uma treliça do tipo Pratt, sendo essas barras as de maior consumo em toda a treliça. Já a barra CE foi a que apresentou menor volume de consumo de madeira com valor de 0,003m³.

Tabela 5. Consumo de madeira por barra para treliça Pratt com 12 m de vão.

Barras	Base (m)	Altura (m)	Comprimento (m)	Volume (m ³)
AB e FG	0,03	0,05	3,23	0,0096
BD e DF	0,03	0,05	3,23	0,0096
BC e FE	0,01	0,05	1,21	0,0012
AC e EG	0,03	0,05	3	0,0090
CD e DE	0,01	0,05	3,85	0,0038
CE	0,01	0,05	6	0,003
TOTAL				0,0362

Na Tabela 6 encontram-se os resultados do consumo de madeira para a construção de uma treliça do tipo Belga onde pode-se observar que as barras com maior consumo foram AB, FG, BD e DF com cerca de 0,0096 m³ de madeira, enquanto que a barra CE apresentou menor consumo de madeira.

Tabela 6. Consumo de madeira por barra para treliça Belga com 12 m de vão.

Barras	Base (m)	Altura (m)	Comprimento (m)	Volume (m ³)
AB e FG	0,03	0,05	3,23	0,0096
BD e DF	0,03	0,05	3,23	0,0096
BC e FE	0,01	0,05	1,57	0,0016
AC e EG	0,03	0,05	3	0,009
CD e DE	0,01	0,05	3,14	0,0031
CE	0,03	0,05	6	0,003
TOTAL				0,0359

Observando os valores de máximo consumo de madeira para as três treliças é interessante destacar que a maior demanda foi apresentada pela treliça do tipo Howe com um total de 0,0368 m³ para sua construção, seguida do tipo Pratt com 0,0362 m³ e Belga que apresentou um menor consumo, sendo este resultado diferente quando comparada com estudos de AZEVEDO & NASCIMENTO (1990) que obtiveram um valor por unidade de área com cobertura de dimensões de 12 m de vão e 125 m de comprimento igual a 0,384 m³ para treliça do tipo howe.

Ao estudar a construção de estruturas de cobertura, utilizando-se a madeira do gênero Pinus, para vãos teóricos entre 6 e 12 m, PINHEIRO & LAHR (1999) obtiveram resultados de 0,015 e 0,011 m³/ m² de área coberta para treliças Howe e Pratt, respectivamente, para 6 m de vão, enquanto que para vãos de 12 m, o consumo foi de 0,015 e 0,012 m³/ m² de área coberta, respectivamente, utilizando-se telhas de fibrocimento e aço.

Quando comparado com os resultados da presente pesquisa, não foi observada diferença para as duas treliças em questão com vão de 6 m, contudo, para um vão de 12 m os resultados obtidos foram duas vezes superiores para ambas as treliças.

Tal diferença entre as pesquisas reside no fato das telhas cerâmicas apresentarem maior massa distribuída por m² de área de cobertura e menor dimensão unitária exigindo, portanto, maior madeiramento quanto maior for a largura da treliça.

Na tabela 7 apresenta-se o consumo e custo total para a construção das treliças nas duas hipóteses.

Tabela 7. Custo total para cobertura com madeira roxinho para as treliças analisadas.

Treliças hipótese I	Consumo total (m ³)	Custo total (R\$)
Howe	0,1974	718,08
Pratt	2,541	820,16
Belga	0,1554	708,4
Treliças hipótese II		
Howe	1,5456	3904,32
Pratt	1,5204	4084,92
Belga	1,5036	4026,12

Pode-se observar que na hipótese I a treliça do tipo Pratt com relação ao custo para sua construção apresenta um maior valor quando comparado com as treliças Howe e Belga, a diferença de valor da treliça Belga para Howe foi de R\$ 9,64. Na Hipótese II o custo para construção da treliça Pratt foi a que teve um maior valor tendo uma diferença de R\$ 58,8 para treliça do tipo Belga; já a treliça do tipo Howe teve um custo intermediário quando comparada com as treliças do tipo Howe e Belga.

Tabela 8. Grau de estaticidade determinado para as treliças.

Treliça	Howe	Pratt	Belga
Gt	52	58	37
Gi	73	79	34
Ge	55	61	40

Gt = grau de estaticidade total; Gi = grau de estaticidade interno; Ge = grau de estaticidade externo.

De acordo com a Tabela 8 pode-se observar o grau de estaticidade determinado para as treliças do tipo Howe, Pratt e Belga, onde se destaca que as barras da treliça tipo Pratt apresentaram maior Gt, Gi e Ge devido ao seu maior número vínculos que unem os elementos e componentes da estrutura da treliça, diferenciando da Belga que apresentou menores valores de Gt, Gi e Ge, enquanto a treliça tipo Howe apresentou valores intermediários.

Tabela 9. Consumo de parafusos por m³ de madeiras para os modelos de treliça analisados.

Treliças hipótese I	Quantidade de parafusos/treliça (m ³)	Total de parafusos	Custo total (R\$)
Howe	31	682	443,3
Pratt	26	572	371,8
Belga	26	572	371,0
Treliças hipótese II			
Howe	31	1428	928,2
Pratt	26	1092	709,8
Belga	26	1092	709,8

Foi adotado a utilização de parafusos com diâmetro de 10 mm para a ligação das barras nas treliças devido aos aspectos construtivos e às indicações de CALIL JÚNIOR (1998) de que o diâmetro de parafusos utilizados nas ligações das treliças não deve ser inferior a 10 mm.

Observando-se o consumo total e o custo de parafusos de acordo com a Tabela 9, pode-se observar que a treliça Howe foi a que obteve um maior consumo e custo de parafusos tanto para a hipótese I quanto para a hipótese II com 682 e 1428, respectivamente, enquanto a treliça do tipo Pratt e Belga tiveram um consumo e custo semelhante de parafusos para as duas hipóteses.

O consumo de um total de 31 parafusos por m³ de madeira utilizados na construção de uma treliça do tipo Howe difere em 50% do resultado obtido por AZEVEDO (1999), entretanto, fato este é diferenciado pelo número de ligações utilizadas nas treliças tipo Howe utilizados nas duas pesquisas evidenciando a importância do projeto responsável de tal estrutura.

CONCLUSÕES

Conclui-se que o modelo ideal de treliça de banzos inclinado que possa ser utilizado para as coberturas de construções rurais é a treliça tipo Belga para ambas as hipóteses I e II tanto por apresentar uma maior resistência mecânica quanto menor consumo de madeira e parafusos para as ligações.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado pelo programam PIBIC/CNPq/UFMG e os autores agradecem ao CNPq pela concessão da bolsa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7190**. Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 6120**. Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1982.

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

AZEVEDO, M. A.; NASCIMENTO, J. W. B. Estrutura de madeira para cobertura de aviários no estado da Paraíba, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.3, p.385-390, 1999.

BOTELHO, M. H. C. **Resistência dos materiais – para entender e gostar**. São Paulo: Blucher, p. 45- 48, 2008.

CALIL JÚNIOR, C. Estruturas de madeira. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1998. 102p.

Calil Junior, C. & DIAS, A. A. Utilização de madeira em construções rurais. Campina Grande: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 1, p. 71 – 77, 1997.

CALIL JUNIOR, C. & MOLINA, J. C. **Coberturas em estruturas de madeira: exemplos de cálculo**. São Paulo: Pini, 2010. 207p.

CAMARGO, M. L. R. M. **Diretrizes gerais para o projeto estrutural de construções rurais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Campinas – SP. Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), 2001. 293p.

FERREIRA, R. A. **Maior produção com melhor ambiente para aves, suínos e bovinos**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005. 371p.

PINHEIRO, R. V.; LAHR, F. A. R. Emprego da madeira do gênero Pinus na construção de estruturas de cobertura. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, São Carlos, n. 10, p. 1-27, 1999

SHEPPARD, S. D. & TONGUE, B. H. **Estática. Análise e projeto de sistemas em equilíbrio.** Rio de Janeiro: LTC, 2007. 455p.

TINÔCO, I. F. F. **Efeito de diferentes sistemas de acondicionamento de ambiente e níveis de energia metabolizável na dieta sobre o desempenho de matrizes de frangos de corte, em condições de verão e outono.** Tese (Doutorado). Belo Horizonte – MG: Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). 1996. 173p.