

## Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. 9:3 (2016)

July 2016

Article link:

<http://www.seasinop.com.br/revista/index.php?journal=SEA&page=article&op=view&path%5B%5D=266&path%5B%5D=pdf>

Included in DOAJ, AGRIS, Latindex, Journal TOCs, CORE, Discoursio Open Science, Science Gate, GFAR, CIARDRING, Academic Journals Database and NTHRYS Technologies, Portal de Periódicos CAPES.



## Comparação de custo entre galpão com elementos estruturais confeccionados em concreto e galpão com cobertura treliçada metálica e pilares pré-moldados para o município de Sinop-MT.

## Cost comparison between barn with structural elements made of concrete and metal shed with roof truss and precast abutments for the Sinop-MT.

K. A. F. de Miranda<sup>1</sup>, E. F Souza<sup>2</sup>, P.B. Philippsen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Mato Grosso – Campus Sinop

<sup>2</sup> Universidade Federal do Mato Grosso – Campus Sinop

Author for correspondence: [kelvinafmiranda@hotmail.com](mailto:kelvinafmiranda@hotmail.com)

**Resumo:** O objetivo deste artigo foi apresentar um comparativo de custo entre dois métodos construtivos empregados em galpões na cidade de Sinop-MT, construídos com pilares pré-moldados de concreto armado e sistema estrutural da cobertura variando entre treliça de metal e vigas de concreto pré-moldadas. Para isso foi criado um projeto padrão, com mesmas dimensões arquitetônicas, assim, sendo dimensionado todos os elementos para os dois métodos. Para a elaboração dos projetos estruturais, foram seguidos roteiros de cálculos, sempre com o auxílio dos softwares VisualVentos, Ftool, DimPerfil e Superporticos, assim como as normas vigentes. Como resultado as duas edificações em estudo mostraram inúmeras diferenças, tanto em custo quando em características estruturais, tendo uma grande variação no peso próprio de aproximadamente 47%. Como elemento que tornou o comparativo relevante, destaca-se que o sistema de cobertura do galpão com estrutura metálica obteve variação de 173% quando comparado com o galpão concorrente. Assim sendo, o sistema construtivo, onde todas as peças foram confeccionadas em concreto, mostrou uma variação no custo de 52% para menos quando comparado com o sistema concorrente, nos quantitativos foram desconsiderados elementos fora da estrutura que em ambos fossem iguais.

**Palavras-chave:** Aço ASTM A36, pré-moldagem, sistemas construtivos

**Abstract:** The purpose of this article it was show a cost comparative between two constructive methods employed in sheds in the city of Sinop-MT, constructed with precast beams of armed concrete and structural system of the roofs varying between metallic trellis and precast concrete beams. For this, it was created a standard project, with the same architectonic dimensions, being dimensioned all elements for both methods. To the elaborationof the structural projects were followed calculation scripts always with the assistance of the softwares Visual Ventos, Ftool, DimPerfil and Superporticos, like the current norms. As a result the two buildings studied showed numerous differences, both in costs as in structural features, having a big variation in the self weight of approximately 47%. As element wich made this comparative relevant, stands out that the roof system of the shed with metallic structure had a variation of 173% when compared with the competitor shed. Thus, the constructive system, where all the parts were made of concrete, showed a cost variation of 52% to minus when compared to the competing system, were ignored in the quantitative elements outside the structure in which both were equal.

**Keywords:** ASTM A36 steel; pre-molding; building systems.

## Introdução

Sinop, município situado no norte do Mato Grosso, encontra-se atualmente em um aquecimento comercial, no final de 2010 foi denominada "A Capital do Nortão" (Revista Veja), desde o ano de 2008 até a presente data, cerca de 40 mil pessoas migraram para a cidade, prevendo assim um acrescimopopulacional para o ano de 2011 de aproximadamente 116.014 mil habitantes (IBGE, 2012).

A construção civil vive um bom momento, no primeiro semestre de 2012 foram expedidos 1.175 alvarás de construção, totalizando 259 mil metros quadrados de obra (Jornal Capital, 2012).

Atualmente a cidade é um exemplo para os demais municípios da região, pois devido à inúmeras empresas de diferentes áreas de atuação que aqui se instalaram, vem sendo caracterizada como pólo prestadora de serviços. Do ano de 2008 até hoje o número de empresas dobrou, instalaram-se no município e estão ativas 4529 empresas, de um total de 8791 (JUCEMAT - Junta Comercial Do estado de Mato Grosso, 2012).

Muitas empresas, tanto indústria quanto comércio optam por suas instalações tipicamente pelo uso de galpões, edificação essa de um único pavimento, sendo muito utilizada por possuir como uma de suas características grandes vãos livres, o que permite facilmente a acomodação de matérias-primas e produtos a serem industrializados e/ou comercializados, bem como o trânsito interno de pessoas e até mesmo de veículos.

Quanto as características estruturais desse tipo de galpão, são frequentemente utilizados na região pilares pré-moldados de concreto, e como cobertura treliças metálicas ou vigas de concreto pré-moldado, porém observa-se a utilização destas vigas em menor escala.

Segundo a NBR 9062/2001, elemento pré-moldado de concreto é todo aquele que é confeccionado fora do local definitivo de uso na estrutura, tendo um mínimo de controle empregado no desenvolvimento e qualidade dos materiais.

Os elementos pré-fabricados são elementos pré-moldados, porém produzidos em usina ou fábrica, onde são utilizados meios mais rigorosos de controle de qualidade, como uso de laboratório para análise dos materiais empregados e dos resultados obtidos, equipe capacitada para a moldagem das peças e local adequado para cura e estocagem.

O Centro-oeste brasileiro encontra-se em terceiro lugar, como região que mais recebeu produtos de concreto pré-moldado em 2011. Segundo a ABCIC (Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto) as empresas que tem a maior produção em volume, concentram 16% de toda a sua produção na região e o setor que mais utiliza peças de concreto pré-moldado é o industrial, 54% das empresas produtoras, não confeccionam suas peças no

canteiro e de todas as obras industriais 41% dos projetos são de galpões industriais.

De acordo com CBCA (Centro Brasileiro da Construção em Aço), a produção nacional de estruturas pré-fabricadas em aço do ano de 2002 até 2009, apresentou crescimento de 12% ao ano, totalizando em 2010 um consumo de 2,8 milhões de toneladas.

Portanto acredita-se que as estruturas metálicas tem maior aceitação de uso entre o comércio e a indústria como instalações, pois seus elementos são substancialmente mais esbeltos, quando comparados com os de concreto e o prazo de execução é bem menor, pois o aço não tem período de cura. Deste modo o presente artigo, tem como objetivo comparar os custos de acordo com as características estruturais particulares dos dois tipos de galpões mais utilizados na cidade de Sinop, possibilitando a partir dos resultados contribuir na escolha do método construtivo para as obras futuras.

## Metodos

### *Diretrizes do comparativo*

Para a elaboração do comparativo de custo, buscou-se analisar através de pesquisas de campo, quais os tipos de sistemas estruturais mais utilizados para a acomodação de comércio e industriais. Desde modo, identificou-se a utilização do sistema pré-moldado de concreto para a estrutura dos pilares, e para a cobertura verificou-se que dois sistemas são empregados no município, a estrutura treliçada de metal e as vigas de concreto, sendo a primeira delas a mais comumente encontrada.

Para efeito de comparação de custo foram realizadas visitas a empresas, no intuito de captar projetos estruturais e identificar a utilização dos métodos acima mencionados. Porém, na grande maioria das empresas visitadas, verificou-se a não utilização de projetos para confeccionar os elementos, sendo estes produzidos de forma empírica. As demais empresas não demonstraram interesse pela pesquisa não participando assim do estudo.

Frente aos fatos buscou-se através de literaturas e softwares o auxílio no dimensionamento para o desenvolvimento de dois diferentes projetos, um envolvendo a utilização da estrutura treliçada metálica e outro com a estrutura de concreto, a fim de efetuar os comparativos.

Para que fosse possível executar uma comparação de custo, foram desenvolvidos parâmetros para tal, assim sendo, foi desenvolvido um projeto de dimensões padrão, onde seria comparado apenas os sistemas estruturais e desconsiderando elementos iguais em ambas, como alvenaria de vedação, vigas baldrame, piso, aberturas, telhas, calhas, pintura (arquitetônica), se caso não fossem iguais, seriam muito próximos e deste modo não trazendo prejuízo para os dados

finais. Para o comparativo foi escolhido a largura como 20 m e o comprimento do galpão igual a 30m, com pé direito igual a 6m (Figura 1).

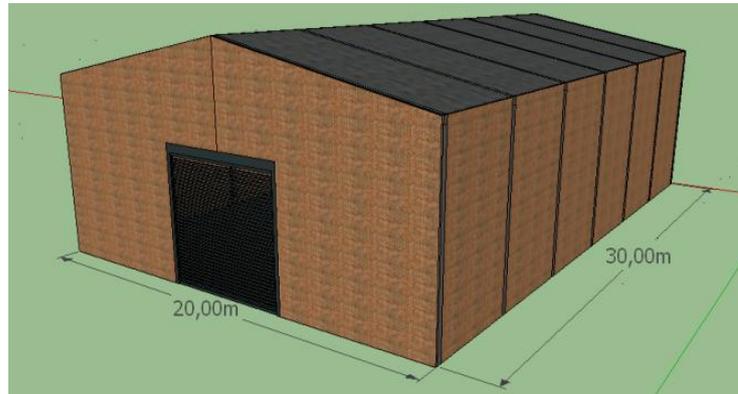


Figura 1. Dimensões dos galpões orçados.

Fonte Acervo proprio, 2012

### Vento

Para o dimensionamento dos diferentes galpões em estudo foi de suma importância as observações de preceitos da NBR 6123/1988 – Forças devido ao vento.

O dimensionamento foi relacionado com o roteiro de calculo proposto pelo professor Dr. Antonio Carlos da Fonseca Bragança Pinheiro, presente na literatura Estruturas Metálicas – Cálculos, Detalhes, exercícios e Projetos (PINHEIRO, 2005).

Para uma simplificação dos cálculos relacionado com a NBR 6123/1988, foi adotado como impermeáveis as paredes laterais medindo 30m, partindo do pressuposto que as mesmas seriam fechadas com alvenaria de vedação, e sendo desprezada a hipótese de aberturas predominantes nas demais paredes, assim adotando que na hora de rajadas as mesmas seriam fechadas (PINHEIRO, 2005).

Os fatores de dimensionamento foram relacionados da seguinte forma:

- Velocidade básica do vento = 30,00 m/s
- Fator  $S1=1,00$  (terreno plano ou fracamente acidentado)
- Fator de rugosidade IV –  $S2=0,80$
- Fator estatístico 3 –  $S3 = 0,95$
- Coeficiente de pressão externa – Paredes(médio) = 0,90 (sucção)
- Coeficiente de pressão externa – telhado(médio) = 1,33 (sucção)
- Vento perpendicular a uma face permeável –  $Cpi 0,2$
- Vento perpendicular a uma face impermeável –  $Cpi 0,3$  (sucção)
- Pressão Dinâmica do vento 0,32 kN/m<sup>2</sup>

Todos os parâmetros de cálculos foram empregados no software Visual ventos, para facilitar na interpretação dos dados, assim como a combinação dos coeficientes de pressão.

Os resultados obtidos foram utilizados de uma forma igualitária para dimensionamento dos dois galpões em estudo.

### Galpão com cobertura feita em estrutura metálica

Para o dimensionamento do galpão com cobertura de estrutura metálica, foram feitas visitas a campo, para verificar qual o tipo da treliça que era utilizado na região. Constatou-se que os galpões não seguiam uma linha de concepção estrutural, em alguns galpões foi encontrado disposições de montantes e diagonais que não foram identificados em literaturas, em algumas situações foram encontrados exemplos onde os perfis empregados eram menores que a exigências mínimas, assim como não seguiam parâmetros de nenhuma norma, nem mesmo proteção contra corrosão através de pintura.

Segundo Pugliesi e Lauand (2005), treliça é uma estrutura indeformável, admitindo que mesmo que seus nós sejam substituídos por articulações ideais estrutura continua integra, sem deslocamentos excessivos.

Frente aos fatos, pesquisas indicaram que a treliça Howe obteve melhores resultados quando comparada com os demais modelos, para uma mesma carga aplicada, tal modelo resultou em uma menor quantidade de aço, quando comparado com modelos similares (TISOT; MEDEIROS; KRIPKA, 2010).

Miranda et al. Comparação de custo entre galpão com elementos estruturais confeccionados em concreto e galpão com cobertura treliçada metálica e pilares pré-moldados para o município de Sinop-MT.

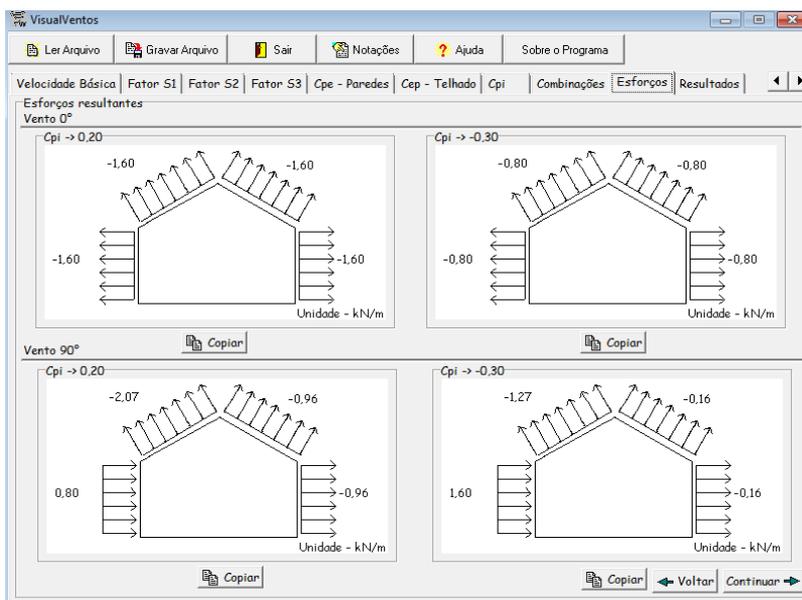


Figura 2. Interface do software Ftool.

Fonte: Acervo próprio, 2012.

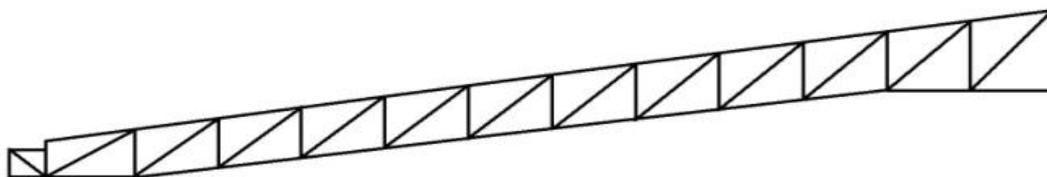


Figura 3. Layout da treliça adotada, modelo Howe.

Fonte:acervo próprio, 2012.

De acordo com os modelos identificados, optou-se pela treliça acima demonstrada, porém, com a interrupção do banzo inferior disposto diagonalmente, assim tornando-se horizontal no meio, interrupção essa identificadas em inúmeras estruturas confeccionadas, sem nem uma justificava plausível para análise de esforços.

Para o dimensionamento das barras foram analisados esforços devido ao vento, utilizando as duas combinações mais nocivas, sobrecarga estipulada pela NBR 8800/2008 (anexo B) (ABNT, 2008), e também o peso próprio. Para decomposição das forças foi utilizado o software Ftool.

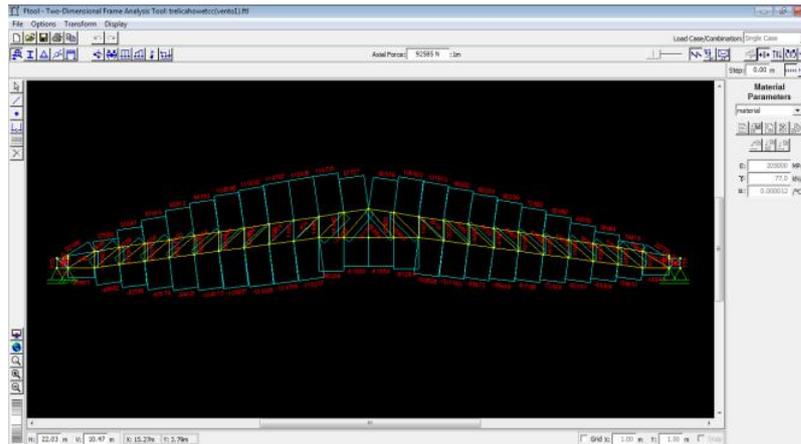


Figura 4. Interface do software Ftool.

Fonte: Acervo próprio, 2012

Após a decomposição de forças separadamente, as mesmas foram combinadas da seguinte forma Peso Próprio+Sobrecarga, Peso Próprio+vento 01 e Peso Próprio+vento 02. Para as

combinações foram utilizadas planilhas eletrônicas, sendo identificado para cada categoria de barra o maior esforço. Desta maneira sendo dimensionados para suportar o esforço mais severo.

Tabela 1. Esforços solicitante de dimensionamento

Barra	Esforço(N)compressão	EsforçoTração
Banzo Superior	194.207	nulo
Banzo Inferior	nulo	193.866
Montante	23.731	20.039
Diagonal	48775	36765

Fonte: Acervo próprio, 2012.

As barras da treliça foram dimensionadas de aço estrutural, característica adquirida pela adição de carbono no ferro puro, sendo denominado aço-carbono. A adição fica restrita a no mínimo de 0,08% e no máximo 2.11%, para que o resultado seja um material que tenha boa soldabilidade. O aumento da adição de carbono no ferro resulta em um material com maior resistência, porém com menor soldabilidade, e tornando-se quebradiço. O aço utilizado tem a tensão de escoamento na faixa de 250 Mpa, denominado ASTM A36 (BELLEI,2008).

Para os banzos, barras que tem esforços nitidamente maiores que os demais elementos, foram utilizados perfis de chapada dobrada, que na cidade de Sinop são largamente utilizados pelas empresas produtoras de estruturas metálicas.

O dimensionamento dos banzos ocorreu seguindo preceitos da ABNT NBR 14762/2001 – Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. Todas as características geométricas das seções escolhidas foram obtidas com o auxílio do software Dimperfil, assim como a confirmação dos valores obtidos por memorial de cálculo.

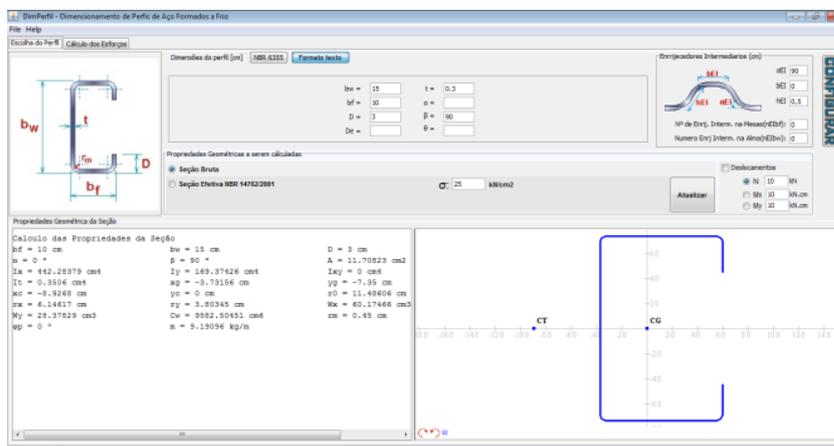


Figura 5. Interface do software Dimperfil.

Fonte: Acervo próprio

Os perfis escolhidos tiveram como espessura mínima 3mm, e como característica de instalação, locais onde o meio não é de alto índice corrosivo, conceito esse presente no item 8.4.3.5 da ABNT NBR 8800.

As barras dos banzos que obtiveram apenas tração como esforços solicitantes severo foram dimensionados segundo o item 7.6 da NBR 14762/2001, e as barras com o maior esforço caracterizado pela compressão seguiram o item 7.7 da mesma norma.

Segundo memorial de cálculo e resultados assistidos pelo software, o perfil resultante para o banzo inferior, foi o perfil C 125x70x4.75 e para o banzo superior o perfil C 125x75x4.75.

Para os montantes e diagonais foram utilizados produtos procedentes do mercado siderúrgico caracterizados como perfis (PINHEIRO,2005).

Nos montantes foram identificadas barras com esforço de compressão e outras com o esforço de tração. O dimensionamento das mesmas seguiram os itens 5.3(dimensionamento de barras comprimidas), levando-se em conta principalmente a flambagem das barras comprimidas e o item 5.2 (dimensionamento de barras tracionadas)(NBR 8800/2008).Como resultados obtive-se para os montantes duas cantoneiras 2xL 1,905 x 0,317.

As barras diagonais tiveram esforços variados como os montantes, tanto compressão quanto tração, porém com intensidade maior. Para satisfazer os resultados foram escolhidas duas cantoneiras modelo 2 x L x 3,175 x 0,317.

Como contraventamento, os tirantes foram dispostos entre dois conjuntos de duas treliças, sendo cada deles dispostos nos extremos da estrutura. Os tirantes têm como função resistir a esforço advindo do vento que tentam torcer ou deitar a estrutura, em suma esse esforço foi identificado, porém é consideravelmente pequeno, quando comparado a dimensão mínima que a ABNT NBR 8800/2008 exige para esse elemento, 12mm, assim sendo escolhida o diâmetro comercial mais próximo a isso, meia polegada, sendo que a

mesma resiste a cerca de 3 vezes mais que o esforço solicitado.

Toda a estrutura metálica teve como confecção de suas ligações o processo de soldagem, como identificado em visitas a campo e sendo um processo bem difundido na região. O tipo de solda mais utilizado para unir os perfis laminados ou mesmo os de chapas dobrada, é a solda SMAW (Shielded Metal ArcWelding) Solda ao arco elétrico com eletrodo revestido manual (BELLEI,2008).

Os eletrodos utilizados no dimensionamento apresentaram resistência a ruptura por tração de 60ksi = 415 Mpa sendo classificado como E60XX (PINHEIRO,2005).

O tipo da solda utilizada foi a solda filete com continuidade classificada como continua em todas as ligações. Prevendo uma forma de padronizar, foi adotado para a união das peças, um filete de no mínimo 65 mm de solda, o qual possui resistência suficiente para suportar os maiores esforços.

Os pilares estruturais empregados nos dois tipos de galpões assim como os demais elementos citados neste trabalho, foram projetados com concreto de resistência características não inferior a  $f_{ck}=25$  Mpa, não sendo utilizados aditivos em sua composição, assim como o consumo mínimo de 400 kg de cimento por metro cúbico e o fator água/cimento menor ou igual a 0,45 (ABNT NBR 9062, 2007)

De acordo com a NBR 9062/2007, os elementos pré-moldados foram dimensionados de uma forma que o espaçamento das armadura fossem 1,2 vezes maior que o tamanho do agregado graúdo, e o cobrimento das peças adotado foi de 2 cm, tendo em vista que os mesmos ficariam localizados ao ar livre.

#### *Galpão com cobertura feita em vigas de concreto pré-moldadas*

O dimensionamento do galpão composto por peça pré-moldadas de concreto, foi inteiramente assistido pela software Supor Portico.

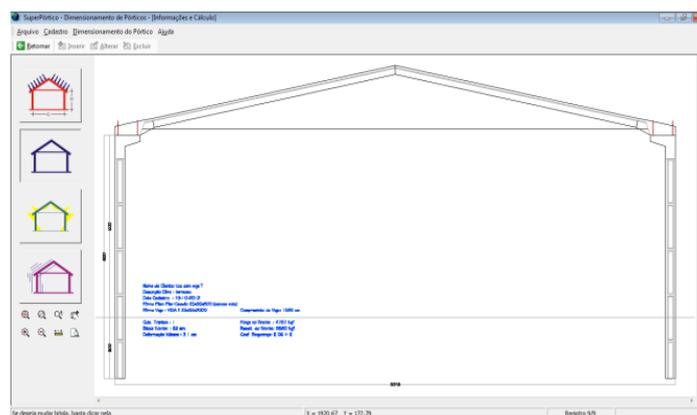


Figura 6. Interface do software Superportico.

Fonte: Acervo próprio, 2012

O dimensionamento das peças é feita de forma conjunta, assim analisando viga e pilar de uma mesma maneira, as ligações entre pilar-viga são consideradas engastes e a ligação viga-viga rotulados, sendo analisada como um pórtico plano (PINHEIRO,1999).

Os dados referentes a cargas de vento foram os mesmo retirados do software

Visualventos, igualmente utilizado para esse modelo de galpão.

O dimensionamento ocorreu por meio da análise dos gráficos de momento em casa seção, sendo apresentando por meio de uma tabela, assim sendo, encontrada a área de aço necessária, para superar o momento causado.

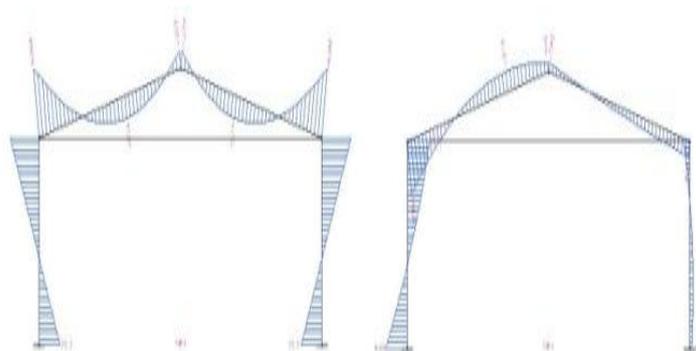


Figura 7. Gráficos de momentos (peso próprio e vento).

Fonte: Acervo próprio, 2012.

O modelo escolhido para a comparação conta com um tirante, ligando um pilar ao outro, assim anulando o grande efeito que as vigas fariam os pilares dobrar, tornando um apoio simples engastado, dessa forma diminuindo em muito o momento fletor solicitante. Para compreensão do modelo estrutural o tirante utilizado nesse modelo foi uma barra de aço CA-50 de 20mm, absorvendo uma tração de 4787 kgf.

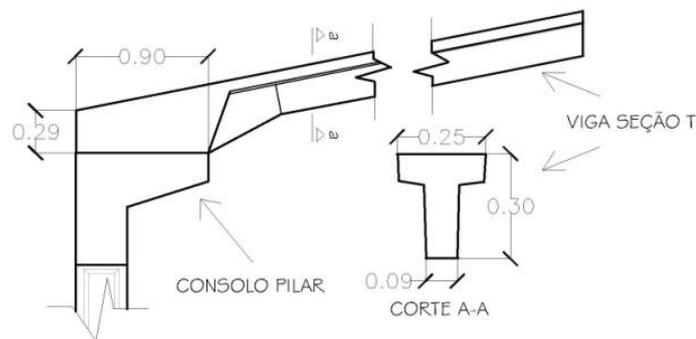
As peças foram inteiras dimensionadas com concreto de resistência  $F_{ck}=25\text{Mpa}$ , seguindo a indicação da NBR 9062/2007.

As barras utilizadas são de 16 mm e 20mm de aço classificação CA-50, obtidas do processo de laminação a quente e tem nervura em seu formato. Os fios são produzidos com aço classificação CA-60, seu formato tem ranhuras, e foram utilizados para confeccionar os estribos, tanto das vigas quanto os pilares, ambos com 5 mm de diâmetro (ARÁUJO,2010).

Os pilares foram dimensionados segundo a NBR 6118, com a seção de 25x35 e na ligação da viga, tem-se um formato diferenciado para que seja melhor distribuído o esforço do momento fletor, na seção onde o momento é menor o pilar passa a ser duplo T para que não seja utilizado concreto desnecessariamente. Segundo o dimensionamento, para que resista aos esforços solicitantes, no pilar será utilizado 4 barras de 16mm de aço CA-50, e estribos a cada 19,2 cm. De acordo com o Item 6.2 da NBR 9062, a base do pilar foi dimensionada de uma forma que tenha rugosidade mínima de 1 cm em 10 cm na face que tenha contato com o bloco de fundação.

Para as vigas utilizou-se o formato da seção T, pois identificou-se que as vigas cavadas, que não tem a seção constante ao seu comprimento, são estritamente utilizadas para fazer elementos de apenas um comprimento, já as vigas de seção T, com a mesma seção podem ser confeccionadas vigas do comprimento da fôrma ou menores. Como resultado do dimensionamento, nas vigas foram utilizados 4 ferros de 16mm de aço CA-50, e estribos de 5mm de aço CA-60 a cada 17 centímetros na seção T da viga e na junção conexão do pilar com a viga estribos a cada 15 centímetros.

Figura 8. Layout viga e pilar do galpão confeccionado em concreto pré-moldado.



Fonte: Acervo próprio, 2012

Segundo Bellei (2008), os sistemas de contraventamento, são elementos estruturais colocados nas estruturas com a finalidade de garantir a estabilidade do conjunto durante a sua vida útil, os elementos de contraventamento estão sujeitos a tração e compressão, mais comumente utilizados elementos resistentes a tração como barras redondas, e estão sujeitos apenas a esforço devido ao vento.

O contraventamento do galpão de concreto pré-moldado é feito de uma forma análoga ao de estrutura metálica, porém ao invés de utilizar-se barras para a transferência dos esforços, são utilizados cabo de aço para o mesmo. O contraventamento é feito com 2 conjuntos de três pórticos, sendo que os utilizados são os das extremidade do barracão, como as vigas tem ligações no encontro do pilar e na cumeeira, e furar o elemento pré-moldado não é um procedimento recomendado, é utilizado apenas um x de contraventamento em cada água do barracão, assim o esforço devido ao vento torna-se grande, desta maneira, o cabo que satisfaz o esforço solicitante, foi uma cordoalha de pro-tensão modelo CP 190 RB com 9,5 mm de espessura.

#### Fundação

O dimensionamento da fundação foi feito de uma forma conjunta entre roteiro de cálculo

proposto pelo professor Manuel Henrique Campos Botelhouse Osvaldemar Marchetti, seguindo preceitos da NBR 6122/1988 – Projeto e execução de fundações e análises dos preceitos datados pelo Manual de Pré-moldados Munte. O tipo de fundação utilizada em ambos os projetos foi a fundação direta do tipo sapata.

Após o dimensionamento da base estrutural da sapata, bem como as dimensões da pirâmide e respectivas áreas de aço, realizou-se o dimensionamento do colarinho segundo o item 6.4 da NBR 9062/2007, assim sendo, o colarinho deve ter igual rugosidade da base do pilar.

#### Comparativo de custo

Para o comparativo de custo, foram impostos delimitações que tornassem o resultado conciso e direto, pois para uma orçamentação de obra completa é necessário a participação de inúmeras pessoas envolvidas, tais como engenheiros, arquitetos e projetistas, assim como inúmeros documentos contendo plantas gráficas, projetos estruturais, além de documentos para o cálculo base (Gonzalez, 2008).

Segundo Tisaka (2006), o custo direto de uma obra é definido como a somatória de todos os custos dos materiais, equipamentos e mão-de-obra, aplicados diretamente em cada um dos serviços na

produção incluindo-se todas as despesas de infraestrutura necessárias para a execução de obra.

O quantitativo foi feito de uma forma segura e exata, com variação muito pequena dos insumos, não foram computados desperdícios, pois como identificado a campo, dosagem e corte de peças eram feitos na fábrica, portanto sendo mínimo, assim como a compra do material era feito de uma forma criteriosa. Todos os dados foram salvos em planilhas, de uma forma que sempre que fosse necessário a alteração, tal era feita de uma forma rápida.

Para o levantamento dos respectivos valores, foram utilizados dados das tabelas do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da construção Civil, - SINAPI (insumo e serviços), do estado de Mato Grosso, mes de Agosto de 2012. Para a cotação do aço dos elementos da estrutura metálica, as tabelas de composição de custo não apresentaram insumos que atendessem

de forma satisfatória o comparativo, frente aos fatos, o valor foi pesquisado no mercado local, sendo adotado a média entre três valores.

### Resultado e Discussão

O comparativo foi dividido, e apresentado em tabelas para que os fatores que influenciassessem no resultado fossem identificados facilmente.

#### Pilares

Os pilares são de mesma seção 25x35 cm, tendo variação na área de aço empregada em cada um, assim como a variação do volume de concreto no pilar do galpão com vigas pré-moldadas, pois o mesmo conta com um consolo, não utilizado no outro sistema estrutural. As tabelas 2 e 3 apresentam a relação dos insumos empregados nos dois tipos de pilares, todos os valores constante nas tabelas foram extraídos das tabelas de composição de custo Sinapi (insumos e serviços).

Tabela 1. Custo de um pilar pré-moldado de concreto para galpão com vigas de concreto

Insumo	Quant.	Cust. Unit.	Total(R\$)
Concreto 25 Mpa	0,45 (m <sup>3</sup> )	317,84	143,03
Aço CA-50 16mm	56,24(kg)	3,25	182,78
Aço CA-60 5,0mm	7,18(kg)	3,76	27,08
Arame Recozido 18	0,60(kg)	8,5	5,10
Armador	5h	10,09	50,45
Servente	4h	7,48	29,92
Total (R\$)			<b>438,36</b>

Fonte: Acervo próprio, 2012.

Tabela 2. Custo de um pilar pré-moldado de concreto para galpão com cobertura em estrutura metálica.

Insumo	Quant.	Cust. Unit.	Total(R\$)
Concreto 25 Mpa	0,41 (m <sup>3</sup> )	317,84	130,31
Aço CA-50 12,5mm	47,55(kg)	3,20	152,17
Aço CA-60 5,0mm	7,18(kg)	3,76	27,01
Arame Recozido 18	0,54(kg)	8,5	4,53
Armador	4h	10,09	40,36
Servente	4h	7,48	29,92
Total (R\$)			<b>384,30</b>

Fonte: Acervo próprio, 2012.

A variação do custo dos pilares oscilou pouco quando comparado com os demais elementos do comparativo, tendo como base de cálculo a escolhido pilar utilizado no galpão com cobertura em vigas pré-moldadas de concreto, em relação ao concorrente, mostrou-se com custo maior em 12%, esse valor é diretamente ligado ao maior consumo de área de aço utilizado em tal elemento, resultado esse ocorrido pela metodologia estrutural do pórtico plano e junto a isso o peso da estrutura de cobertura.

#### Sistema estrutural da cobertura

O sistema de cobertura foi a informação de maior importância para o comparativo, pois confrontando os dois métodos construtivos, pois este foi o elemento que apresentou significativas divergências de valores.

O material mais empregado no galpão com estrutura metálica de cobertura foi o aço e o mesmo mostrou-se em maior quantidade e com maior custo de todo o comparativo.

As tabelas 04 e 05 apresentam valores referentes aos insumos empregados nos sistemas estruturais das coberturas, todos os valores constante nas tabelas foram extraídos das tabelas de composição de custo Sinapi (insumos e serviços).

Frente à análises do quantitativo, o sistemas de cobertura em estrutura metálica, superou o custo da cobertura em elementos pré-moldados de concretotendo uma variação de 173%.

Tabela 3. Custo de um lance de vigas pré-moldadas de concreto.

Insumo	Quant.	Cust. Unit.	Total(R\$)
Concreto 25 Mpa	0,495 (m <sup>3</sup> )	317,84	157,33
Aço CA-50 16mm	72,65(kg)	3,25	236,11
Aço CA-60 5,0mm	9,16(kg)	3,76	34,46
Arame Recozido 18	0,4917(kg)	8,5	4,17
Armador	6h	10,09	60,54
Servente	4h	7,48	29,92
Total 01 viga(R\$)			<b>522,35</b>
Total 02 vigas (um lance)(R\$)			<b>1044,70</b>

Fonte: Acervo próprio, 2012.

Tabela 4. Custo de uma treliça metálica

Insumo	Quant.	Cust. Unit.	Total(R\$)
Aço (Banzo Superior)	195,56 (Kg)	4,73	925,03
Aço (Banzo Inferior)	188,05(kg)	4,73	889,45
Aço (Montante)	6(Barras)	26,01	156,06
Aço (Diagonal)	9(barras)	49,44	444,96
Solda	3,51(m)	32,55	114,25
Pintura	29,96(m <sup>2</sup> )	10,62	318,25
Total (R\$)			<b>2848,00</b>

Fonte: Acervo próprio, 2012.

#### Contraventamento

O contraventamento das estruturas segue linhas bem diferentes quando as análises são voltadas para os materiais, pois em um método é utilizado barras e no outro, cabos, ambos de aço.

As tabelas 5 e 6 apresentam valores referentes aos insumos empregados nos sistema de contraventamento dos dois tipos de estruturas. Todos os valores constante nas tabelas foram extraídos das tabelas de composição de custo Sinapi (insumos e serviços).

Tabela 5. Custo contraventamento do galpão de com vigas de concreto pré-moldado.

Insumo	Quant.	Cust. Unit.	Total(R\$)
Cord. De Aço 9,5 mm	44,95(Kg)	4,73	207,8303
Fixadores	16(pç)	30	480
Total (R\$)			<b>687,83</b>

Fonte: Acervo próprio, 2012.

Tabela 6. Custo contraventamento do galpão de com cobertura em estrutura metálica.

Insumo	Quant.	Cust. Unit.	Total(R\$)
Barra mecânica 12,5mm	44,95(Kg)	29,01	1044,36
Total (R\$)			<b>1044,36</b>

Fonte: Acervo próprio, 2012.

Como resultado do comparativo, o sistema utilizado nas estruturas metálicas mostrou-se com valor superior em 34%, quando comparado ao sistema utilizado para contraventar o galpão com cobertura em vigas de concreto pré-moldado.

#### Fundação

Para as fundações foram obtidos valores próximos entre os dois métodos analisados, valores esses que ficaram perto do mínimo exigido pela norma 6122 item 6.4.1 sendo 60 cm a dimensão mínima do bloco.

Para o galpão com todos os elementos confeccionados de concreto armado, o peso próprio

da estrutura, era consideravelmente maior que o método concorrente, assim resultando em um bloco com dimensão de 70x70cm para a fundação.

Para o galpão com estrutura metálica, a solicitação nas fundações é tão inferior que o bloco que atenderia de forma satisfatória, ficaria abaixo da dimensão mínima exigida por norma, assim adotada a dimensão de 60x60 cm.

A tabela 7 apresenta os valores referentes aos insumos empregados nos sistema de fundação. Todos os valores constante nas tabelas foram extraídos das tabelas de composição de custo Sinapi (insumos e serviços).

Tabela 7. Custo do bloco de fundação para galpão com cobertura em vigas de concreto.

Insumo	Quant.	Cust. Unit.	Total(R\$)
Concreto 20 Mpa	0,41 (m <sup>3</sup> )	295,14	121,00
Aço CA-50 8mm	30,99(kg)	3,48	107,85
Arame Recozido 18	0,2(kg)	8,5	1,70
Servente	2(h)	7,48	14,96
Escavação	1 (m <sup>3</sup> )	74,77	74,77
Compactador de solos	0,3	4,58	1,37
<b>Total (R\$)</b>			<b>321,65</b>

Fonte: Acervo próprio, 2012.

Tabela 8. Custo do bloco de fundação para galpão com cobertura de estrutura metálica.

Insumo	Quant.	Cust. Unit.	Total(R\$)
Concreto 20 Mpa	0,283 (m <sup>3</sup> )	295,14	83,00
Aço CA-50 8mm	22,40(kg)	3,48	77,97
Arame Recozido 18	0,2(kg)	8,5	1,70
Servente	2(h)	7,48	14,96
Escavação	1 (m <sup>3</sup> )	74,77	74,77
Compactador de solos	0,3	4,58	1,37
<b>Total (R\$)</b>			<b>253,77</b>

Fonte: Acervo próprio, 2012.

### Montagem

Como critério de comparação de custo, a montagem apresentou-se para os dois métodos, com um custo muito próximo, pois para o galpão com artefatos de concreto, necessita-se de menor número de auxiliares na montagem, porém o içamento das peças tem de ser feito com equipamento de maior porte, já no método concorrente, o galpão com estrutura metálica os elementos da cobertura tem peso próprio menos entretanto, precisa-se de mais auxiliares e os mesmos devem ter o conhecimento de soldagem, pois as treliças são apoiadas nos pilares e logo em seguida soldadas.

Frente aos fatos, analisando que em um método foram necessitados equipamentos de grande porte, e no método concorrente necessita-se de mão de obra especializada, os fatos equilibram o custo final da montagem das mesmas.

Como resultado, para a montagem foi adotado valor igual para os dois métodos, e não foi excluído do comparativo, para que o mesmo chegasse ao índice de custo por metro quadrado, dos elementos montados in loco.

A tabela 9 apresenta os valores referentes aos insumos empregados para a montagem das estruturas. Todos os valores constantes nas tabelas foram extraídos das tabelas de composição de custo Sinapi (insumos e serviços).

Tabela 09. Montagem da estrutura.

Insumo	Quant.	Cust. Unit.	Total(R\$)
Caminhão munk	20 (h)	97,13	1942,6
Montadores(3)	72(h)	10,09	1210,8
<b>Total (R\$)</b>			<b>3153,40</b>

Fonte: Acervo próprio, 2012.

### Resumo dos serviços

A figura 9 apresenta o conjunto dos fatores que mais variam.

Para o comparativo foi simulada um empreendimento onde multiplicadas as dimensões

resultaria em um galpão de 600 m<sup>2</sup> de área. Relacionando os dados apresentados nas planilhas acima teríamos um custo total por m<sup>2</sup>, que é apresentado na Figura 10.

Figura 9. Comparação entre elementos dos sistemas estruturais. Fonte: Acervo pessoal.

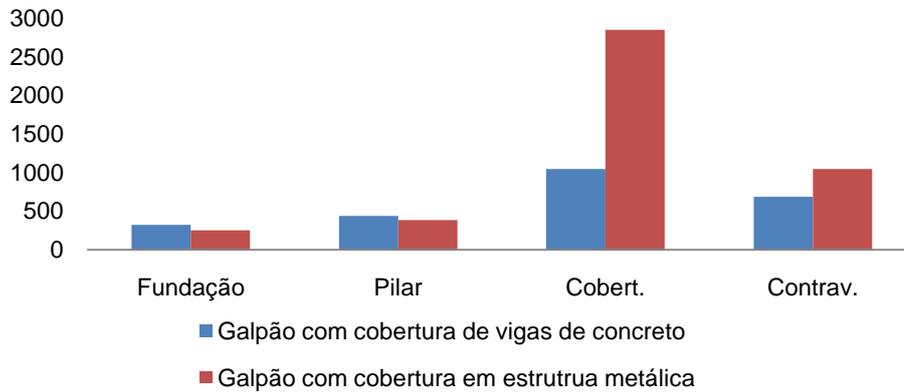
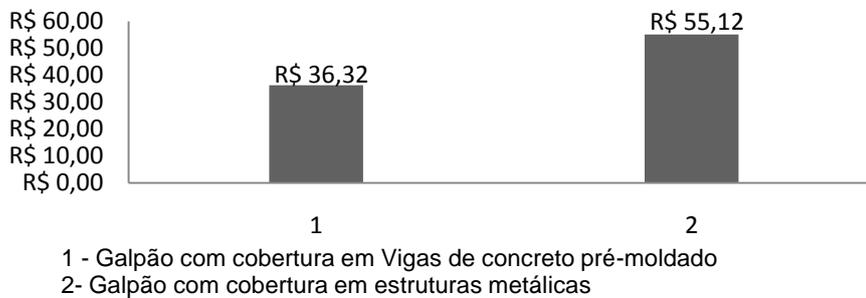


Figura 10. Custo por metro quadrado. Fonte: Acervo pessoal.



O custo apresentado na figura acima representa apenas o valor dos elementos cotados, sendo um parâmetro para a comparação, não resultando nos galpões de forma acabada, para encontrar o resultado do mesmo apenas com cobertura, basta adicionar o custo de telhas e terças.

Segundo os dados apresentados, os dois sistemas estruturais, em muito se assemelham, na composição e fabricação dos elementos, excluindo as coberturas, que seguem metodologia totalmente diferente de fabricação e materiais empregados, e nela esta o fator que diferenciam os métodos.

Segundo os resultados a variação no custo entre os galpões apresentados é de 52%, sendo o galpão com pilares e sistemas de cobertura executados em concreto o método mais barato.

Outro aspecto que se apresenta com grande variação quando comparado entre os métodos é o peso próprio da estrutura. O galpão com todos os elementos estruturais confeccionados com concreto obteve um peso próprio de 35.168,34 kg, já o galpão com pilares pré-moldados de concreto e cobertura em estrutura metálica resultou em uma soma de 18.779,96 kg, ocorrendo uma variação de 47% no peso total, para esse

comparativo, foi desconsiderado o peso das fundações.

A utilização do galpão com estruturas metálicas como sistema de cobertura se faz em larga escala, assim como identificado em visitas a campo, pois para a confecção do mesmo, não é necessário grande investimento do profissional que irá fabricá-la, em muitos casos identificados, profissionais autônomos vendem apenas a mão de obra, onde o proprietário busca os produtos siderúrgicos no mercado local.

A soldabilidade dos elementos é uma característica de suma importância para as estruturas metálicas, sendo, que esse processo é feito por profissionais com baixa qualificação, porém o resultado é satisfatório, pois a resistência das ligações são extremamente elevada e os profissionais acabam executando um filete maior que o necessário, assim superdimensionando-a, juntamente a isso, os elementos que são cortados, tanto com máquinas de abrasão quanto por chama, não tem suas regiões vizinhas afetadas estruturalmente, visto que dessa forma, chegam a resultados satisfatórios, sem a observação de engenheiros ou projetistas (PANNONI, 2002).

As estruturas em aço tem grande aceitação no mercado, devido a extrema resistência do aço,

resistência essa existente para os mais diversos tipos de tensão (tração, compressão, flexão, etc), assim independente do seu peso próprio, quando comparadas a peças de concreto armado, são inúmeras vezes mais leves que as peças de concreto armado feitas para a mesma função estrutural (BELLEI,2008).

Para o emprego do galpão com estrutura de cobertura em pré-moldado de concreto, já se necessita de um mínimo de instalações, pois o peso próprio das peças é elevado, assim é indispensável o uso de caminhões para a movimentação do mesmo no pátio da fabrica ou mesmo uma estrutura de ponte rolante, para o içamento dos elementos.

A qualidade dos artefatos de concreto estão ligados diretamente as fôrmas, pois as peças de concreto são projetadas de uma forma que após a cura dos elementos os mesmo não necessitem de nem um tratamento superficial, daí a necessidade de investimentos de formas.

As fôrmas para os elementos pré-moldados são confeccionadas de uma maneira para que possam ser reutilizadas inúmeras vezes, sem desgaste excessivo, assim como as mesmas devem possuir características como estabilidade volumétrica para que as dimensões dos elementos obedeçam as tolerâncias previstas na NBR 9062 (EL DEBS,2000).

Segundo Melo (2007) a montagem de estruturas pré-moldadas, tem características próprias, o tipo de galpão analisado, conta com tirantes, para amenizar transmissão de esforços, assim sendo caso na montagem não seja observados parâmetros mínimos de escoramento, a estrutura pode entrar em colapso.

Além do custo menor em relação ao método concorrente, os elementos pré-moldados têm inúmeras características que não são encontrados nas estruturas metálicas, assim como a compartimentação do fogo (MELLO, 2007).

## Conclusões

De acordo com o comparativo executado, identificou-se inúmeras variações de custo nos elementos analisados. Resultado que foram expressivos para diferenciar os métodos, foram encontrados nos materiais e mão de obra empregado na cobertura dos galpões.

Além da variação do custo, cada modelo de galpão tem sua particularidade, uma característica que variou muito entre os dois métodos foi o peso próprio das estruturas. A produção e montagem do galpão confeccionado inteiramente em concreto não aceita ajustes, devendo ser rigorosamente projetado e produzido, característica essa mais maleável quando comparado com as estruturas metálicas, onde existe a possibilidade de pequenos ajustes a qualquer momento.

Conclui-se que frente aos dados, os galpões confeccionados com pilares pré-moldados de concreto, assim como o sistema de cobertura,

executado em vigas também pré-moldadas de concreto, atendem da mesma forma que o método que concorreu o comparativo, porém tem como diferencial o custo, tendo uma variação consideravelmente grande, assim identificado, podendo influir em futuras decisões referentes a instalações de galpões.

Acredita-se que o galpão com todas suas peças produzidas com concreto, é nitidamente menos utilizado devido ao maior grau de técnica que deve-se aplicar aos mesmos, tanto em sua confecção em pátio fabril, quanto na execução. Analisado a relação de mão de obra empregada, na execução do galpão com cobertura de metal utiliza-se bem mais horas homem, porém mão de obra essa barata e que mesmo não qualificada, chega a resultados satisfatórios.

## Referências

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. NBR-6118/2003: *Projeto de estruturas de concreto*. Rio de Janeiro,2001.

\_\_\_\_\_. NBR-6120/1988: *Cargas para o cálculo de estruturas de edificações*. Rio de Janeiro, 2011.

\_\_\_\_\_. NBR-6122/88: *Projeto e execução de fundações*. Rio de Janeiro, 1988.

\_\_\_\_\_. NBR-6123/88: *Forças devidas ao vento em edificações*. Rio de Janeiro, 1988.

\_\_\_\_\_. NBR-8800/08: *Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios*.Rio de Janeiro, 2008.

\_\_\_\_\_. NBR-9062/2007: *Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado*.Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. NBR-14762/2001: *Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio - Procedimento*. Rio de Janeiro, 2001.

ABCIC, Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto. *Anuário abcic 2011 – edição especial*. Download de (<http://www.abcic.org.br/boletins.asp>) em 27 outubro de 2012. Rio de Janeiro, 2008. 119p.

ARAÚJO, J. M. *Curso de concreto armado*. Vol. 1, 3 ed. Rio grande, Ed. Dunas, 2010.

BELLEI, I. H. *Edifícios industriais em aço projeto e cálculo*.5ed.Ed. PINI. São Paulo2008.

BOTELHO, M. H. C.; MARCHETTI, O. *Concreto armado eu te amo*. Vol. 1, 6 ed. ver. amp. Ed. Blucher, São Paulo, 2010.

D'ALAMBERT, F. *Galpões em pórticos com perfis estruturais laminados*. Coletânea do uso do aço. Vol. 3, 3 Ed, 2005.

EL DEBS, M. K. *Concreto pré-moldado : fundamentos e aplicações*.São Carlos, SP, Ed. EESC – USP, 2000.

GONZÁLES, M. A. S. *Noções de Orçamento e Planejamento de Obras*. São Leopoldo, 2008. 49 p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Download de (<http://www.ibge.com.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>) em 02 de outubro de 2012.

JUCEMAT – Junta Comercial do Estado de Mato Grosso. Download de (<http://www.jucemat.mt.gov.br/>) em 23 de outubro de 2012.

MELO, C.E.E. *Manual Munte de projetos em pré-fabricados de concreto/Munte Construções Industrializadas*. 2 ed. rev. e ampl. 015 – Ed. PINI, São Paulo, 2007.

PANNONI, F. D. Aços estruturais. Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais – ABM. 7 ed. 2002. p.22.

PRAVIA, Z. M. C.; DREHMER, G.A; JÚNIOR, E, M. *Galpões para usos gerais/ Instituto aço Brasil* 4ed.rev. Rio de Janeiro. Editora IABr/CBCA, 2010. 74p.

PINHEIRO, Antonio C. F B. *Estruturas metálicas, cálculos, detalhes, exercícios e projetos*. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.

PINHEIRO, Libânio Miranda. *Concepção Estrutural, SET 863 – Fundamentos do Concreto II*. São Carlos, 1999.

PUGLIESI, M; LAUAND, C. A. *Estruturas metálicas*. Ed. Hemus, 2005

SILVA, E. L.; SILVA, V. P. *Dimensionamento de perfis formado a frio conforma NBR 14762 e NBR 6355*. Instituto Brasileiro de siderurgia / Centro Brasileiro de Construção em aço.

TISAKA, M. *Orçamento na Construção Civil: consultoria, projeto e execução*. 1. ed. São Paulo: Editora Pini, 2006. Reimpressão 2007. 367 p.

Tabela Sinapi, Mato Grosso, Índice da construção civil, Agosto, 2012.

TISOT, G. D. D.; MEDEIROS, G. F.; KRIPKA, M. *Estudo de treliças metálicas para cobertura em duas águas através de otimização topológica*. Congresso Latino-Americano da Construção metálica. São Paulo, 2010.