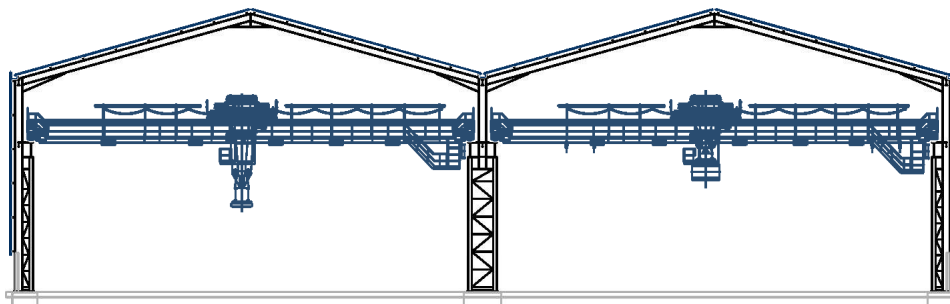


Estima-se que atualmente a maior parte das construções em aço no Brasil seja de estruturas simples, como as coberturas e as estruturas de um único pavimento. Dentro deste importante segmento, os galpões lideram as construções com soluções econômicas e versáteis para uma larga faixa de vãos e uma infinidade de aplicações na construção e na indústria, como: uma pequena fábrica, um depósito, uma loja, uma academia, um ginásio coberto, uma garagem, etc. Com a chegada dos perfis laminados de abas paralelas tipo W, os galpões em pórticos ganharam competitividade, com soluções simples, limpas, rápidas e econômicas.

Portanto, torna-se importante conhecer todas as tipologias dos galpões em pórtico e suas características, de forma a empregar sempre a concepção mais adequada e econômica para a obra. Observar também que, em alguns casos, uma nova concepção, mistura de duas outras, pode juntar características interessantes e melhorar ainda mais a solução para o galpão.

Todas as tipologias podem ser de vão único, para pequenos vãos ou grandes vãos livres sem colunas internas, ou de vãos múltiplos, para grandes áreas cobertas ou quando o tipo de ocupação permite colunas intermediárias.



TIPOS DE GALPÕES EM PÓRTICO

Existem dois tipos básicos de galpões em pórticos, quanto ao tipo de estrutura transversal portante: os pórticos de alma cheia, que utilizam os perfis maiores laminados como elementos principais da estrutura, e os pórticos treliçados, que empregam perfis menores, formando reticulados em treliça para compor os elementos principais da estrutura.

O tipo da estrutura transversal (alma cheia, treliçado, etc.) associado à distância entre elas (espaçamento entre pórticos) define o conjunto portante do galpão, que deve ser ajustado para obter não a estrutura de menor peso, mas a estrutura que melhor atende às condições específicas da obra em análise. Espaçamentos menores favorecem os elementos secundários de cobertura e tapamento e reduzem as cargas em cada pórtico, mas aumentam o número de pórticos e, conseqüentemente, o número de bases e fundações. Espaçamentos maiores aumentam os elementos secundários da cobertura, como as terças, que em muitos casos podem utilizar perfis laminados tipo I com economia e ainda reduzem o número de pórticos e de fundações.

As concepções de alma cheia são as mais limpas, com menor número de elementos, de fabricação mais fácil, de montagem mais rápida, de manutenção mais simples, mas consomem mais aço. Como consomem muito menos serviços para a sua execução e os custos finais são competitivos, são indicadas para galpões pequenos e médios.

Os galpões de alma cheia formam pórticos rígidos, compostos de colunas e vigas inclinadas, ligados por conexões resistentes a momento. A estrutura em pórtico é estável no seu plano e libera um vão livre sem os obstáculos, como contraventamentos.

A inclinação da cobertura influi significativamente no comportamento do pórtico. As inclinações menores favorecem um telhado mais plano, ideal para grandes áreas sem calhas, mas reduzem a eficiência do pórtico, exigindo seções maiores para as colunas e vigas. Já as inclinações maiores favorecem o comportamento dos pórticos, mas podem exigir um maior número de calhas.

Como as solicitações máximas ocorrem nas ligações entre a colunas e as vigas, pode-se usar mísulas para aumentar as seções nesses pontos, facilitando também o lançamento das ligações. As mísulas são normalmente obtidas do corte em ângulo do próprio perfil usado para as vigas.

As bases podem ser rotuladas, mais convenientes para as fundações, ou engastadas, favorecendo a rigidez e a estabilidade da estrutura. A opção deve ser feita de forma a obter a melhor solução para o conjunto estrutura/fundações.

SEM PONTE ROLANTE

Os galpões sem ponte rolante são os mais simples e rápidos, normalmente empregados desde pequenas coberturas para instalações comerciais até ginásios poliesportivos de grandes vãos. A carga predominante é o vento, porque as telhas utilizadas são metálicas de pouco peso e exigem poucas instalações.

As tipologias abaixo e suas variações são as mais utilizadas para pórticos com perfis laminados.

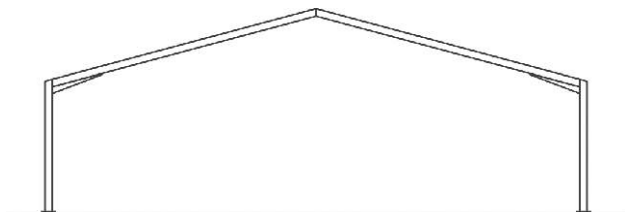
GALPÕES EM PÓRTICOS DE AÇO

Fernando Ottoboni Pinho
Engenheiro Civil



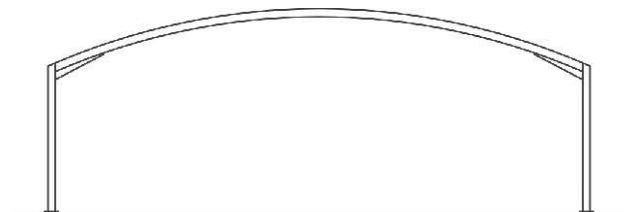
Pórtico simples de alma cheia

Uma estrutura simples e simétrica com cobertura inclinada que tem vão livre de 15 a 45 m e altura de 5 a 12 m. A inclinação da cobertura fica entre 5° e 20° e o espaçamento entre os pórticos entre 6 e 12 m. É comum a utilização de mísulas nas ligações das vigas com as colunas e na cumeeira.



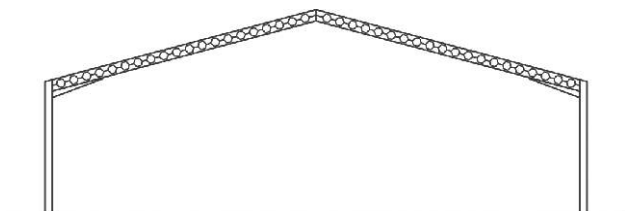
Pórtico com cobertura em arco

Os pórticos com cobertura em arco são utilizados principalmente em função de necessidades arquitetônicas. As vigas laminadas são curvadas por calandragem a frio. Para vãos grandes, serão necessárias ligações nas vigas, que devem ser cuidadosamente detalhadas.



Pórtico simples com viga castelada ou celular

A mesma estrutura do pórtico simples, mas utilizando para as vigas inclinadas os perfis laminados, formando vigas casteladas ou celulares. Como os perfis podem aumentar a altura em aproximadamente 50%, sem aumentar a massa linear, consegue-se vencer vãos maiores de até 60 m.

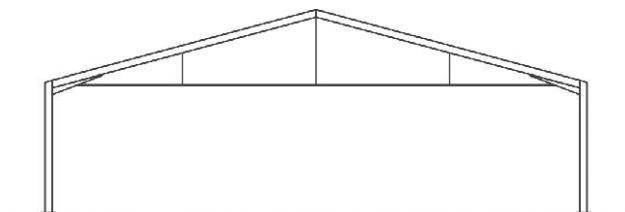


COM PONTE ROLANTE

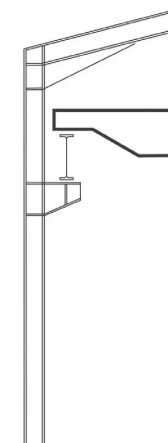
Os galpões com ponte rolante são mais complexos porque exigem apoio para o caminho de rolamento das pontes rolantes, normalmente empregados para instalações industriais pequenas ou grandes. Quase todas as tipologias empregadas nos galpões sem ponte rolante podem ser usadas para os galpões com ponte rolante. A carga predominante agora é a da ponte rolante, introduzindo esforços verticais, horizontais e impactos que devem ser suportados pelos pórticos, mantendo sempre as deformações máximas dentro dos limites para a operação da ponte. As tipologias abaixo são as mais utilizadas para as colunas dos pórticos com perfis laminados e soldados.

Pórtico com tirantes

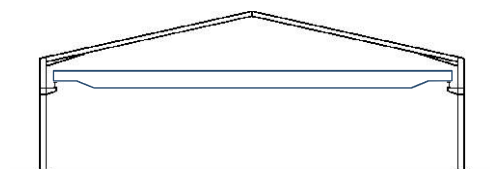
Com a colocação de tirantes, consegue-se reduzir os deslocamentos horizontais e os momentos nas colunas. Indicado para inclinações maiores que 15°. Observar que, para algumas atividades, os tirantes podem ser um obstáculo indesejável.



Pórtico com console

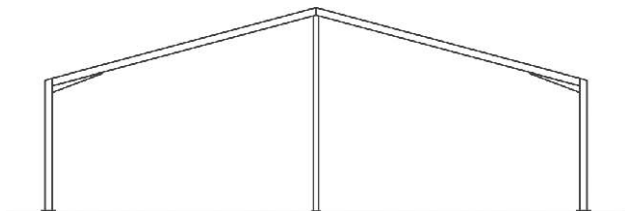


Para galpões com pontes rolantes leves, operadas com controles pendentes, as vigas de rolamento podem se apoiar em consoles soldados nas colunas de seção única, respeitando os afastamentos mínimos exigidos para a movimentação da ponte.

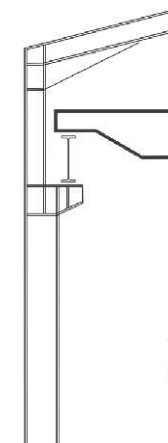


Pórtico com escora central

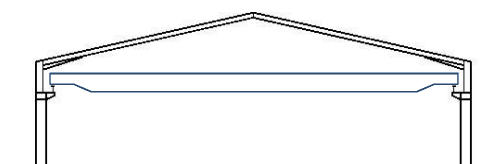
Para grandes vãos (maiores que 30 m), e sem a necessidade de vão livre, o pórtico com escora central pode reduzir as vigas, gerando uma estrutura mais econômica.



Pórtico com coluna escalonada

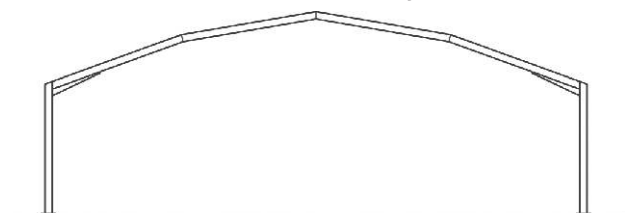


Para galpões com pontes rolantes médias ou com caminho de rolamento de maior altura, será necessário utilizar perfis diferentes para os segmentos abaixo e acima do apoio das vigas de rolamento, para se obter um conjunto econômico, respeitando as folgas necessárias para a movimentação da ponte rolante.

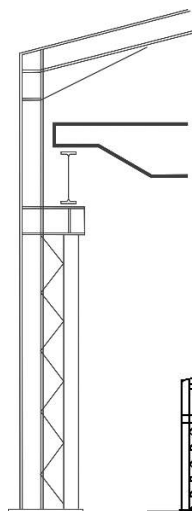


Pórtico com cobertura poligonal

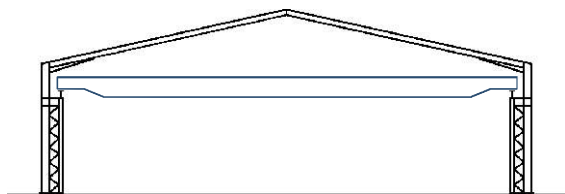
O pórtico com cobertura poligonal pode ser usado para grandes vãos onde a altura total do galpão deve ser reduzida. A utilização de tirantes horizontais pode tornar a solução mais econômica.



Pórtico com coluna dupla



Para galpões com pontes rolantes pesadas ou de grandes vãos livres, a utilização de uma segunda coluna, apenas para o apoio das vigas de rolamento, tornará o conjunto bastante eficiente, desde que se trave uma coluna na outra formando um conjunto treliçado, dando a rigidez necessária para resistir às cargas horizontais da ponte rolante.



CONSIDERAÇÕES PARA O PROJETO DO GALPÃO

Sempre baseado em especificações e normas reconhecidas, o projeto de um galpão examina um grande número de requisitos inter-relacionados que devem ser considerados em cada uma das três etapas do processo:

- Projeto Conceitual (Concepção): estágio onde são tomadas todas as decisões relativas às dimensões principais, como a altura total e o vão livre, críticos para permitir os espaços livres internos e as alturas necessárias para as funções do galpão. É a etapa que exige maior experiência e onde deve ser gasta a maior parte do tempo disponível para o projeto, porque é no projeto conceitual que se definem todos os partidos estruturais.

Devem-se observar todas as características de cada tipo de estrutura que poderá atender ao projeto, para definir a forma a ser adotada para a estrutura principal e as suas inter-relações com as estruturas secundárias e os elementos de vedação, iluminação e ventilação, além das necessidades para a movimentação de cargas, como as pontes rolantes e as monovias.

- Projeto Preliminar (Pré-Dimensionamento): quando os elementos são pré-dimensionados para fins de estimativas. O projeto preliminar ou pré-dimensionamento deve ser feito para cada tipo de estrutura analisada, definindo as dimensões e os pesos aproximados dos elementos que compõem a estrutura. Normalmente se empregam, para o pré-dimensionamento, recursos como: tabelas, ábacos, planilhas de cálculo de elementos isolados, além de comparações com estruturas existentes, de forma a obter as seções dos elementos com uma precisão suficiente para os objetivos desta etapa.
- Projeto Definitivo (Projeto Executivo): quando são consideradas todas as cargas para o dimensionamento final de todos os elementos, inclusive definindo os tipos de ligações que serão usados. Muito cuidado com os detalhes procurando sempre entender a inter-relação entre os vários elementos que compõem o conjunto do galpão, para evitar soluções que possam criar dificuldades para a fabricação e para a montagem, observando que muitas vezes um detalhe bem resolvido pode ser mais importante que um peso menor.

Cargas

As cargas que devem ser consideradas no projeto do galpão são:

- Cargas Permanentes - Peso próprio da estrutura, das telhas, etc., conforme NBR 6120.
- Sobrecargas – Previsão para instalações e manutenção da cobertura, conforme NBR 8800.

- Cargas de Vento – Ações devidas aos ventos, conforme NBR 6123.
- Cargas das Pontes Rolantes – Ações verticais e horizontais e coeficientes de impacto, conforme NBR 8800 e os catálogos dos fabricantes das pontes.
- Combinações de Cargas – Examinar todas as combinações, na busca da combinação crítica.

Análise estrutural

Todos os elementos estruturais deverão ser verificados de acordo com o prescrito nas normas, observando-se os limites de resistência e utilização.

Limites de resistência

Dependendo do tipo de solicitação do elemento, do tipo do aço e do tipo do perfil adotado.

Limites de utilização

Verificar as deformações máximas e as vibrações excessivas, conforme NBR 8800.

Principais elementos dos galpões

Os principais elementos estruturais que compõem o projeto do galpão são:

- Colunas do pórtico e colunas de tapamento lateral e frontal
- Contraventamento vertical e no plano das terças
- Vigas inclinadas do pórtico e suas mísulas
- Vigas de rolamento e consoles
- Viga de beiral e cumeeira
- Terças e vigas de tapamento
- Tirantes flexíveis (correntes) e tirantes rígidos
- Placas de base e chumbadores



Mais informações disponíveis no manual "Galpões em Pórticos com Perfis Estruturais Laminados", da Gerdau.

Disponível para download no site: www.gerdau.com.br

REFERÊNCIAS

- 1- SCI/CORUS - **Design of Single-span Steel Portal Frames**
- 2- GERDAU - **Coletânea do Uso do Aço** - Galpões em pórticos com Perfis Estruturais Laminados
- 3- BELLEI, Ildony Hélio - **Edifícios industriais em aço** - Editora PINI
- 4- CBCA/IBS - **Manual da Construção em Aço** - Galpões para usos gerais
- 5- ABNT NBR 6120:1980. **Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- 6- ABNT NBR 8800:2008. **Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- 7- ABNT NBR 6123:1988. **Forças devidas ao Vento em Edificações**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas

VENDAS**SÃO PAULO**

Tel. (11) 3094-6600

Fax (11) 3094-6303

e-mail: atendimentogerdau.sp@gerdau.com.br**MINAS GERAIS**

Tel. (31) 3269-4321

Fax (31) 3328-3330

e-mail: atendimentogerdau.mg@gerdau.com.br**NORTE / NORDESTE****Pernambuco**

Tel. (81) 3452-7755

Fax (81) 3452-7635

Bahia

Tel. (71) 3301-1385

Fax (71) 3301-1172

e-mail: atendimentogerdau.nne@gerdau.com.br**RIO DE JANEIRO**

Tel. (21) 3974-7529

Fax (21) 3974-7592

e-mail: atendimentogerdau.rj@gerdau.com.br**CENTRO-OESTE**

Tel. (62) 4005-6000

Fax (62) 4005-6002

e-mail: atendimentogerdau.cto@gerdau.com.br**SUL****Rio Grande do Sul**

Tel. (51) 3450-7855

Fax (51) 3323-2800

Paraná

Tel. (41) 3314-3646

Fax (41) 3314-3615

e-mail: atendimentogerdau.sul@gerdau.com.br