

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS – MG

ENGENHARIA MECÂNICA

BRUNO GUILHERME RAMOS BRAGA

Biblioteca Monsenhor Domingos Prado Fonseca
N. Class. M624.1826
Cutter B813 x
Ano/Ed. 2010

**SISTEMA DE BIBLIOTECAS
FEPESMIG**

BIBLIOTECA MONSENHOR DOMINGOS PRADO FONSECA

TIPOS DE LIGAÇÕES UTILIZADAS EM ESTRUTURA METÁLICA

BRUNO GUILHERME RAMOS BRAGA

TIPOS DE LIGAÇÕES UTILIZADAS EM ESTRUTURA METÁLICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para a obtenção do grau de Engenheiro Mecânico, sob a orientação do Prof. Erik.

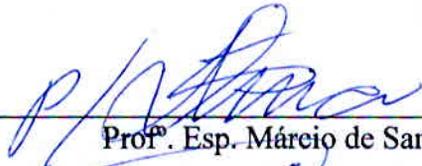
**Varginha - MG
2010**

BRUNO GUILHERME RAMOS BRAGA

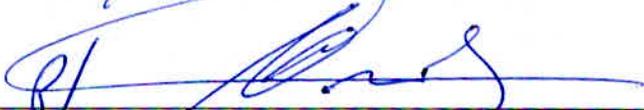
TIPOS DE LIGAÇÕES UTILIZADAS EM ESTRUTURA METÁLICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como pré-requisito para a obtenção do grau de Engenheiro Mecânico pela banca Examinadora composta pelos membros: Prof. Esp. Márcio de Santana, Prof. Ms. Alexandre Soriano e Prof. Erick.

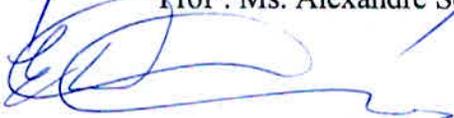
Aprovado em 30/11/2010



Prof. Esp. Márcio de Santana



Prof. Ms. Alexandre Soriano



Prof. Erik Vitor da Silva

OBS.:

Dedico este trabalho aqueles que contribuíram e acreditaram na sua realização. Principalmente a minha namorada e companheira Francine que me deu todo apoio para que pudesse concluir mais uma etapa de minha vida. Agradeço também a Deus que me guiou e me deu forças para continuar lutando durante esses cinco anos.

Agradeço aos meus pais, a minha namorada, professores, amigos e colegas pôr terem contribuído na execução deste trabalho.

Não somos o que deveríamos ser; não
somos o que queríamos ser; mas graças a
Deus; não somos o que éramos.
(Martin Luther King)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Tipos de aplicações	11
Figura 2 – Ligação rígida.....	14
Figura 3 – Ligação flexível.....	15
Figura 4 – Tipos principais de cordões de solda	16
Figura 5 – Soldas de filete	16
Figura 5.1 – Soldas de filete	17
Figura 6 – Soldas de entalhe.....	18
Figura 6.1 – Soldas de entalhe.....	18
Figura 6.2 – Soldas de entalhe.....	19
Figura 7 – Transmissão dos esforços em parafusos comuns (tração)	20
Figura 7.1 – Transmissão dos esforços em parafusos comuns (cisalhamento)	21
Figura 8 – Transmissão dos esforços através do parafuso de alta resistência	22
Figura 8.1 – Transmissão dos esforços através do parafuso de alta resistência	22
Figura 8.2 – Transmissão dos esforços através do parafuso de alta resistência	23
Figura 9 – Verificação na chapa devido à presença de furos	24
Figura 10 – Ligação viga coluna com chapa de topo	25
Figura 11 – Ligação flexível viga coluna com cantoneira.....	26
Figura 12 – Ligação semi-rígida viga coluna com cantoneira.....	26
Figura 13 – Parafusos Comuns.....	27
Figura 14 – Parafusos de alta resistência.....	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	09
2. OBJETIVO DO TRABALHO.....	10
2.1 Objetivo Específico	10
3. REFERENCIAL TEÓRICO	11
4. DESENVOLVIMENTO.....	13
4.1 Classificação das ligações segunda a rigidez	13
4.2 Tipos de ligações	13
4.2.1 Ligação rígida.....	14
4.2.2 Ligação flexível	14
4.2.3 Ligação semi-rígida	15
4.3 Soldas	15
4.3.1 Soldas de filete	16
4.3.2 Soldas de entalhe	18
4.4 Parafusos.....	19
4.4.1 Parafuso Comum e de Alta Resistência.....	19
4.4.2 Transmissão dos esforços através dos parafusos.....	20
4.4.3 Furos para Parafusos.....	23
4.4.4 Resistência de Cálculo.....	24
5. RESULTADOS OBTIDOS.....	25
CONCLUSÃO.....	29
BIBLIOGRAFIA	30

1. INTRODUÇÃO

O dimensionamento adequado de uma estrutura garante sua segurança e sua capacidade de desempenhar satisfatoriamente a função a qual de destina. Para isso, geralmente se obedece a uma norma ou especificação.

O termo ligação é usado para todos os componentes de uma estrutura que tem a finalidade de promover a união das partes da estrutura entre si, ou sua união com elementos externos a esta. Os elementos de ligação são todos os componentes incluídos no conjunto para permitir ou facilitar a transmissão dos esforços.

Os elementos de ligação entre os componentes da estrutura são constituídos por chapas e cantoneiras. Os meios de ligação são os elementos que promovem a união entre as partes da estrutura para formar a ligação. Como meios de ligação são utilizados, principalmente, soldas e parafusos.

As ligações representam grandes dificuldades de classificação por não apresentarem valores facilmente quantificáveis para definição de limite de rigidez e de resistência.

A solda é o meio de ligação que normalmente proporciona melhor continuidade entre as peças conectadas que os parafusos, no entanto, exige mão de obra mais especializada.

Aspectos econômicos aliados a facilidades práticas geralmente levam a uma utilização maior da solda na fábrica e de parafuso no canteiro de obras. Por exemplo, na ligação entre viga e pilar é usual soldar a chapa de extremidade na viga na fábrica e parafusar a chapa de extremidade no pilar na obra.

2. OBJETIVO DO TRABALHO

Demonstrar os tipos de ligações mais utilizadas na estrutura metálicas em uma empresa.

2.1 Objetivo Específico

Ter um foco voltado exclusivamente para contribuir com a utilização do aço na construção, atendendo as necessidades de projetistas, fabricantes de estrutura de aço, construtoras, profissionais liberais, arquitetos, engenheiros, professores universitários, estudantes e entidades de classe que se relacionam com a construção de aço.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

O Termo ligação é aplicado a todos os detalhes construtivos que promovam a união de partes da estrutura entre si ou na sua união com elementos externos a ela, como, por exemplo, as fundações. (COBRAPI 2003, p.8).

O conceito é amplo, admitindo diversidade de situação em que é aplicado:

- Ligação da alma com mesa em perfil I soldado (figura 1a)
- Ligação de coluna com viga de pórtico (figura 1b)
- Placa de base (figura 1c)
- Ligação flexível de viga I com coluna (figura 1d)
- Ligação de peça tracionada (figura 1e)
- Emenda de coluna (figura 1f)

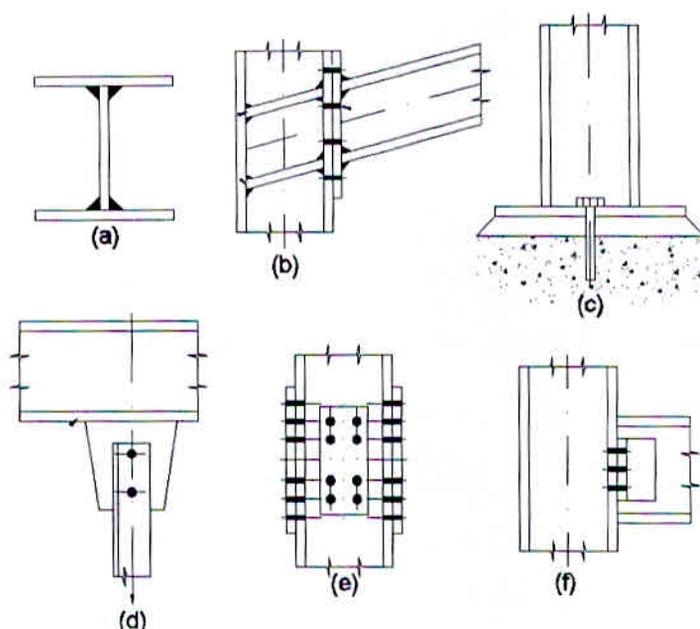


Figura 1 Tipos de aplicações. Fonte: Autor.

As ligações se compõem dos elementos de ligação e dos meios de ligação.

Os elementos de ligação são todos os componentes incluídos no conjunto para permitir ou facilitar a transmissão dos esforços:

- Enrijecedores
- Placa de base

- Cantoneiras
- Chapas de gusset
- Talas de alma e de mesa
- Parte das peças ligadas envolvidas localmente na ligação

Os meios de ligação são os elementos que promovem a união entre as partes da estrutura para formar a ligação.

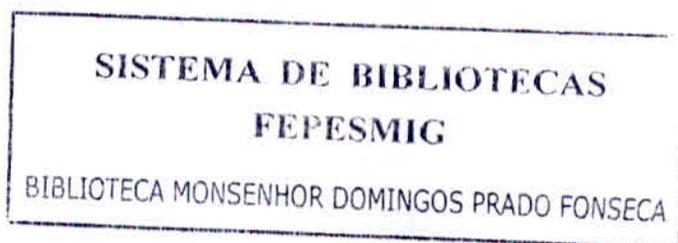
Como meios de ligação são utilizados, principalmente, soldas, parafusos e barras roscadas, como os chumbadores.

O cálculo de uma ligação significa a verificação de todas as partes que compõe:

- a) Elementos de ligações
- b) Meios de ligações

As resistências de cálculo, de modo geral, são calculadas como uma porcentagem específica da resistência dos elementos ou meios de ligação a um determinado efeito (o estado limite).

As solicitações de cálculo, em consideração a esse mesmo estado limite, são calculadas através da análise da ligação sujeita às ações multiplicadas pelos coeficientes de ponderação. (COBRAPI 2003, p.9).



4. DESENVOLVIMENTO

4.1 Classificação das ligações segundo a rigidez

A rigidez das ligações, ou seja, sua capacidade de impedir a rotação relativa local das peças ligadas é responsável pelo comportamento final da estrutura em termos de rotações e deslocamentos.

Isto quer dizer que, além das barras que compõem a estrutura, também as ligações deverão estar convenientemente concebidas e dimensionadas, sob pena da estrutura não se comportar, em termos de deslocamento e rotações, conforme desejado.

Dessa forma as ligações deverão ser projetadas conforme as hipóteses feitas para os nós das barras na análise estrutural:

- Nos locais onde foram previstas ligações rígidas, deverão ser previstos detalhes que efetivamente impeçam a rotação relativa das partes.
- Nos locais onde a ligação deve permitir a rotação relativa das partes, os detalhes deverão ser tais que propiciem essa rotação com o mínimo de restrição.

4.2 Tipos de Ligações

De acordo com o grau de impedimento da rotação relativa de suas partes, as ligações são classificadas nos três seguintes tipos:

- LIGAÇÃO RÍGIDA,
- LIGAÇÃO FLEXÍVEL
- LIGAÇÃO SEMI-RÍGIDA

4.2.1 Ligação Rígida

A ligação é tal que o ângulo entre os elementos estruturais que se interceptam permanece essencialmente o mesmo após o carregamento da estrutura, com uma restrição à rotação da ordem de 90% ou mais daquela teórica necessária à ocorrência de nenhuma rotação (figura 2).



Figura 2 Ligação Rígida. Fonte: Autor.

4.2.2 Ligação Flexível

Neste caso a restrição à rotação relativa entre os elementos estruturais deve ser tão pequena quanto se consiga obter na prática.

No caso de vigas, sujeitas à flexão simples, por exemplo, a ligação flexível transmite apenas a força cortante.

A ligação é considerada flexível se a rotação relativa entre as partes, após o carregamento, atingir 80% ou mais daquela teoricamente esperada caso a conexão fosse totalmente livre de girar (figura 3).



Figura 3 Ligação Flexível. Fonte: Autor.

4.2.3 Ligação Semi-Rígida

Nesse caso a restrição à rotação está entre 20% e 90% daquela teoricamente necessária para evitar qualquer rotação.

Então o momento transmitido através da conexão não é nem zero (ou próximo de zero) como no caso de ligações flexíveis e nem o momento máximo (ou próximo dele) como no caso de conexões rígidas.

Para que se possa utilizar a ligação semi-rígida, deverá ser conhecida primeiro a relação de dependência entre o momento resistente e a rotação.

As ligações semi-rígidas são raramente utilizadas, devido à dificuldade de se estabelecer esta relação, e não serão abordadas nesse trabalho.

4.3 Soldas

Os principais tipos de cordões de solda utilizados na ligação são os de filete e os de entalhe de penetração total ou parcial, que estão indicados na figura 4.



Figura 4 Tipos Principais de Cordões de Solda. Fonte: Autor.

De acordo com a NBR 8800 os processos de soldagem e as técnicas de execução de estruturas soldadas devem ser conforme o “Structural Welding Code” AWS D1.1-82, da American Welding Society, exceção feita aos itens 2.3.4 (garganta efetiva na combinação de solda de filete com solda de penetração parcial), 2.5 (solda de penetração parcial sujeita a tensão normal ao longo de seu eixo longitudinal) e seção 9 (projeto de pontes novas).

4.3.1 Soldas de Filete

Para as soldas de filete são feitas as seguintes definições (Figura 5 e Figura 5.1)

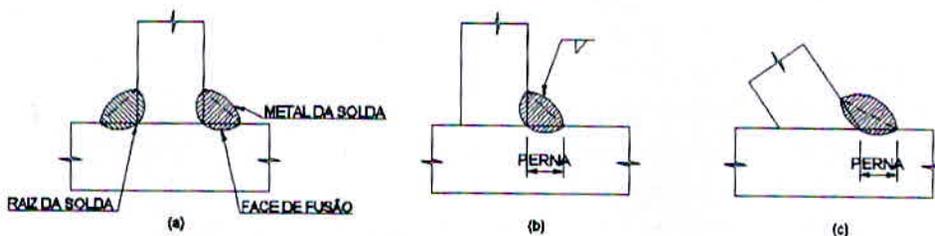


Figura 5 Soldas de Filete. Fonte: Autor.

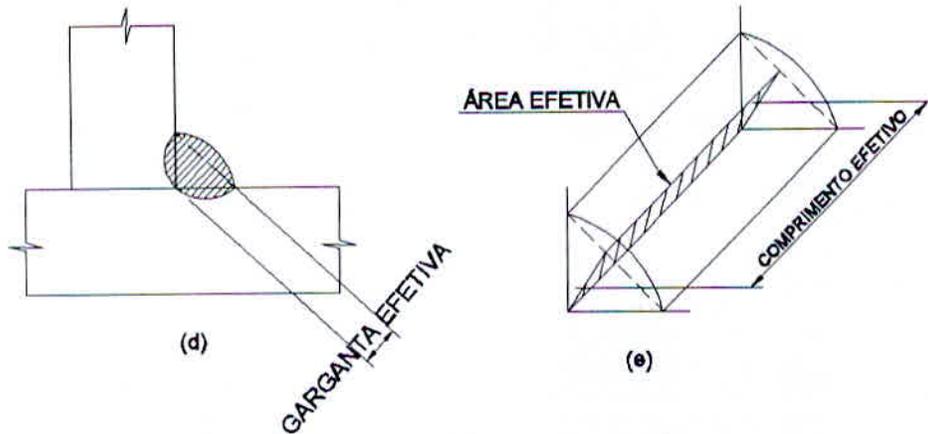


Figura 5.1 Soldas de Filete. Fonte: Autor.

- Face de fusão: região da superfície original do metal base onde ocorreu a fusão do metal base e do metal da solda (figura 5a)
- Raiz da solda: linha comum às duas faces de fusão (figura 5a)
- Perna do filete: menor dos lados, medidos nas faces de fusão, do maior triângulo inscrito dentro da seção transversal da solda.

Normalmente os dois lados do triângulo são iguais, conforme as figuras 5b e 5c.

O filete de solda é especificado através da dimensão de sua perna. Assim na figura 5b é especificado um filete com a perna de 4 mm.

- Garganta efetiva: é a distância entre a raiz da solda e o lado externo do triângulo inscrito.
- Comprimento efetivo da solda: é o comprimento da linha que liga os pontos médios das gargantas efetivas ao longo do filete (figura 5.1e).
- Área efetiva, A_w : é a área considerada como resistência da solda, igual à garganta efetiva multiplicada pelo comprimento efetivo (figura 5.1e).
- Área teórica da face de fusão, A_{MB} : é a área considerada como de resistência no metal base junto à solda, igual à perna do filete multiplicada pelo comprimento efetivo.
- Disposições de projeto: para maiores detalhes quanto às considerações de projeto de soldas de filete, tais como compatibilidade entre o metal da solda e o metal base, resistências de cálculo de soldas, limitações das soldas de filete e outras, a NBR 8800 deverá ser consultada.

As aplicações das disposições da NBR 8800 serão mostradas nos exemplos de projeto de ligações a serem analisados.

4.3.2 Soldas de Entalhe

As soldas de entalhe de penetração total (ou parcial) são utilizadas quando se deseja manter a continuidade total (ou parcial) da espessura do elemento conectado para a transmissão do esforço através da ligação ou quando, por questões construtivas, a solda de filete não puder ser empregada (figura 6 e figura 6.1).



Figura 6 Soldas de Entalhe. Fonte: Autor.

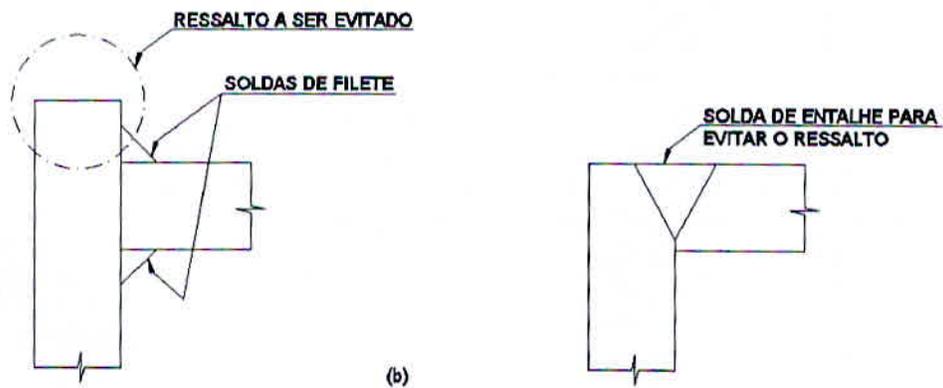


Figura 6.1 Soldas de Entalhe. Fonte: Autor

A solda de filete é geralmente mais econômica que a de entalhe por não necessitar do trabalho de chanfro nas chapas.

As seguintes definições e notações feitas para as soldas de entalhe (figura 6.2):

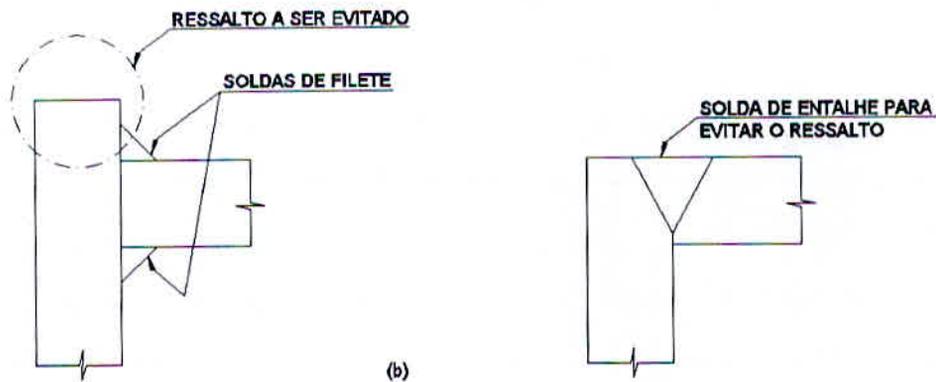


Figura 6.2 Soldas de Entalhe. Fonte: Autor.

α = ângulo do chanfro

S = profundidade do chanfro

f = nariz do chanfro

r = raio do chanfro

R = abertura da raiz

- Garganta efetiva: a garganta efetiva de uma solda de entalhe de penetração total é a menor espessura das chapas conectadas; para soldas de penetração parcial, a NBR 8800 deverá ser consultada.
- Comprimento efetivo: é o comprimento real da solda que, no caso da solda de entalhe, deve coincidir com a largura da peça ligada;
- Área efetiva: é o produto da garganta efetiva pelo comprimento efetivo;

Disposições de projeto: para demais considerações de projeto, tais como limitações aplicáveis, resistências de cálculo etc, a NBR 8800 deverá ser consultada.

4.4 Parafusos

4.4.1 Parafusos Comum e de Alta Resistência

Os parafusos utilizados nas construções metálicas são normalmente o comum (sendo o mais utilizado o ASTM A-307) e os de alta resistência (especialmente o ASTM A-325 e o ASTM A-490).

Os parafusos de alta resistência são montados com protensão (torque especificado de montagem) e requerem cuidados especiais com relação às arruelas e ao acabamento das superfícies em contato das partes ligadas.

Os parafusos comuns são montados sem especificação de torque de montagem e não requerem aqueles cuidados especiais.

Os parafusos de alta resistência são usados em ligações de mais responsabilidade enquanto os comuns são utilizados em ligações não estruturais ou secundárias.

A NBR 8800, na seção 7.1.10, especifica a aplicabilidade dos parafusos de acordo com a ligação.

4.4.2 Transmissões dos esforços através dos parafusos

Nos parafusos comuns os esforços de tração são transmitidos diretamente através de tração no corpo do parafuso e os esforços de cisalhamento são transmitidos por cisalhamento do corpo do parafuso e o contato de sua superfície lateral com a face do furo, devido ao deslizamento entre as chapas ligadas (figura 7 e figura 7.1).

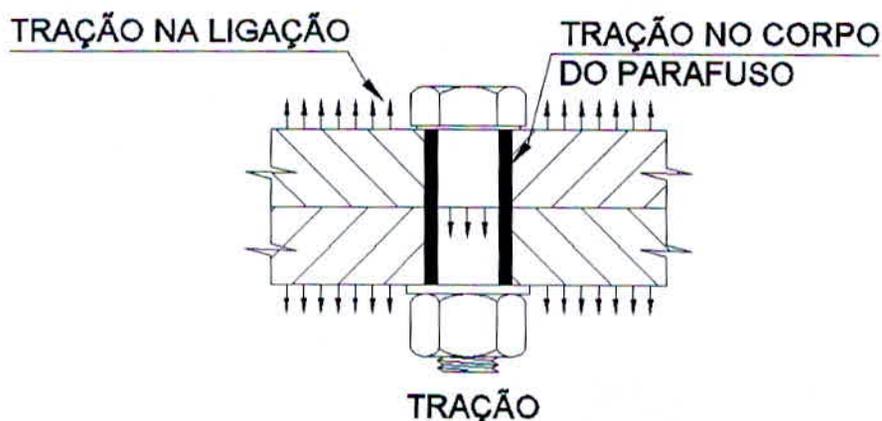


Figura 7 Transmissão dos esforços em parafusos comuns (Tração). Fonte: Autor.

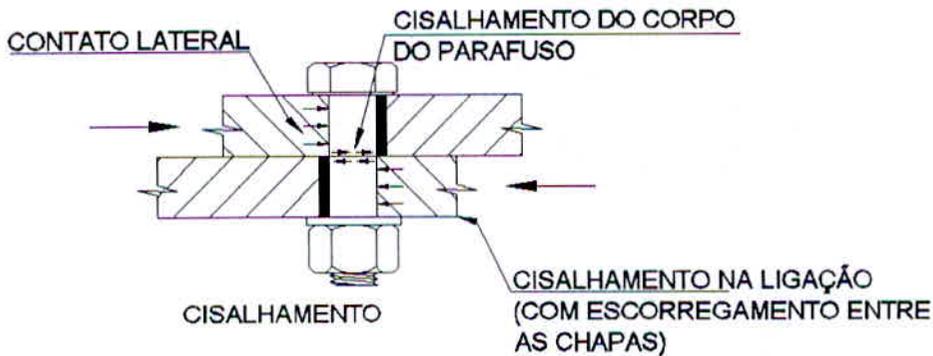


Figura 7.1 Transmissão dos esforços em parafusos comuns (Cisalhamento). Fonte: Autor.

Nos parafusos de alta resistência, montados com protensão, as superfícies de contato das chapas ficam firmemente pressionadas umas contra as outras através dos “cones de pressão” (figura 8).

Simplificadamente ele pode ser considerado como um cilindro de pressão, constituído por regiões circulares das chapas, altamente comprimidas, com o parafuso no centro, altamente tracionado (figura 8 e figura 8.1).

Dessa forma, o mecanismo de transmissão de esforços é tal que, por questões de elasticidade e pela grande área do cilindro de pressão e pequena área do parafuso, o esforço de tração é absorvido no sistema através da diminuição de pressão do cilindro e pequeno aumento de tração no parafuso (figura 8.2).

Sendo α' a relação entre a área do parafuso e a área do cilindro de pressão e P o esforço externo de tração aplicado na ligação, é demonstrado que o esforço de protensão no parafuso é acrescido de $(\alpha / 1 + \alpha)$ (P) enquanto o cilindro de pressão tem sua pressão reduzida por uma força igual à $(1 / 1 + \alpha)$ (P).

Como α é um valor pequeno, o acréscimo de tração no parafuso é bem inferior à força que reduz a pressão no cilindro.

Os esforços de cisalhamento nas ligações com parafusos de alta resistência são transmitidos ou por atrito, devido à pressão entre as partes ligadas, nas chamadas ligações por atrito, ou por contato do corpo do parafuso com as paredes do furo, com cisalhamento do corpo do parafuso, nas chamadas ligações por contato.

De acordo com a NBR 8800, as duas formas de transmissão de esforço não podem ser superpostas, sendo a resistência última do parafuso independente do atrito entre as partes.

A protensão dada quando da montagem dos parafusos é a mesma para ligações por atrito e por contato.

A diferença entre elas está no acabamento exigido para as superfícies de deslizamento das chapas e no desempenho, em função do carregamento, ao longo da vida útil:

- A ligação por contato é indicada para carregamentos predominantemente estáticos, onde o eventual deslizamento entre as partes ligadas não afetam a vida útil dos parafusos e da própria ligação e nem o comportamento global da estrutura;
- A ligação por atrito é indicada para carregamentos dinâmicos e para os casos em que qualquer deslizamento entre as partes ligadas possa afetar o comportamento previsto para a estrutura.

A tabela 15 da NBR 8800 apresenta as condições das superfícies parafusadas para que a ligação possa ser considerada por atrito bem como apresenta os correspondentes coeficientes de atrito para essa consideração.

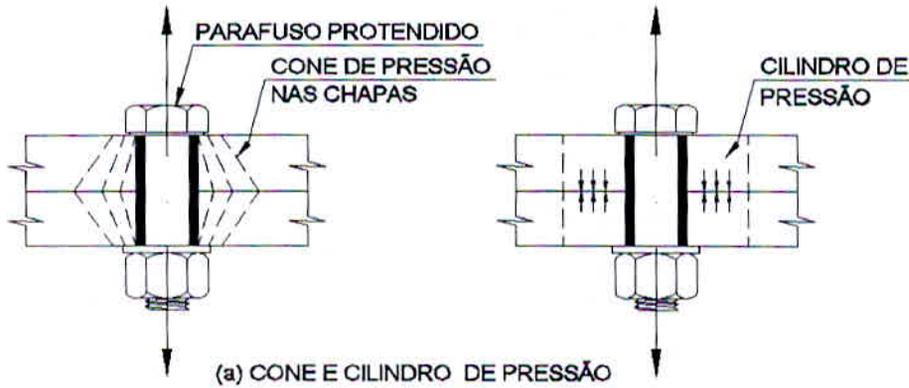


Figura 8 Transmissão dos esforços através do parafuso de alta resistência. Fonte: Autor.

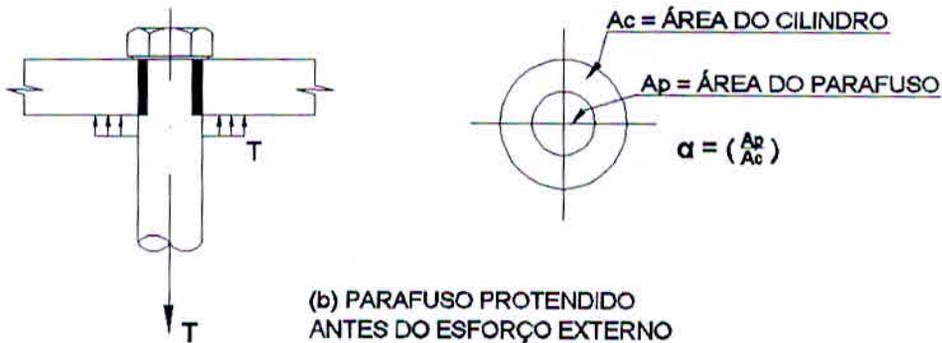


Figura 8.1 Transmissão dos esforços através do parafuso de alta resistência. Fonte: Autor.

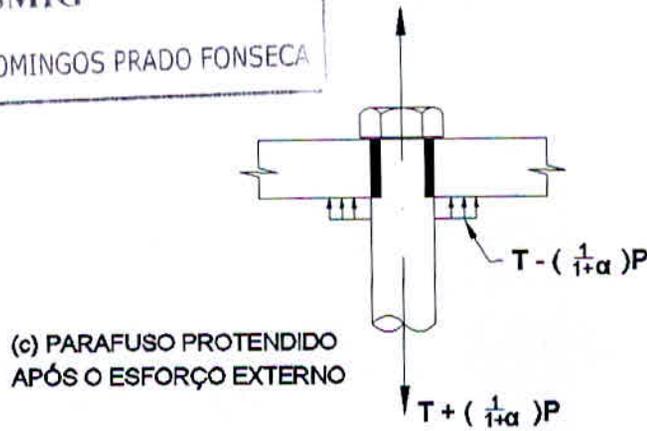


Figura 8.2 Transmissão dos esforços através do parafuso de alta resistência. Fonte: Autor.

Em ambas as ligações, além dos parafusos, deverão ser verificadas o esmagamento do furo, o rasgamento entre os furos e entre o furo e a borda da chapa (figura. 9); tratando-se de estados limites últimos, todas as verificações deverão ser feitas para as solicitações de cálculo, que são aquelas afetadas do coeficiente γ de ponderação das ações.

No caso da ligação por atrito deverá ser verificada adicionalmente a resistência ao deslizamento para ações nominais nos parafusos (sem o coeficiente γ) por ser este um estado limite de utilização, exceto que, se o efeito da carga permanente for favorável, esta deve ser multiplicada por 0,75.

Para efeito de cálculo, as tensões atuantes de tração e cisalhamento nos parafusos são determinadas com base na área nominal do parafuso, $\pi d^2 / 4$. Nas resistências de cálculo é levada em conta a redução devida à rosca.

4.4.3 Furos Para Parafusos

A NBR 8800 prevê quatro tipos de furos para parafusos: padrão, alargado, pouco alongado e muito alongado.

O tipo mais usual, e que será abordado aqui, é o padrão, com diâmetro igual ao diâmetro do parafuso mais 1,5mm, no caso de parafuso milimétrico, ou diâmetro do parafuso mais 1/16", no caso de parafuso em polegada.

Para dimensões e usos dos demais furos a NBR 8800, item 7.3.4, deverá ser consultada.

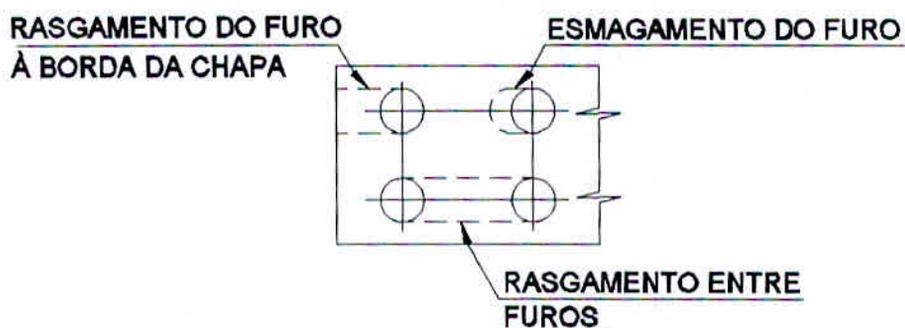


Figura 9 Verificação na chapa devido à presença de furos. Fonte: Autor.

4.4.4 Resistências de Cálculo

As resistências cálculo dos parafusos são indicadas na NBR 8800, conforme se segue:

Ligação por contato e por atrito:

- Resistência à tração: item 7.4.2.2.
- Resistência à força cortante: item 7.3.2.3
- Resistência à pressão de contato: item 7.3.2.4.
- Resistência à tração e força cortante combinada: item 7.3.2.5.

Ligação por atrito:

- Força cortante combinada ou não com tração: item 7.3.3.2.

Para outros estados limites aplicáveis e as resistências de cálculo correspondentes, ver a NBR 8800.

5. RESULTADOS OBTIDOS

O presente trabalho a respeito de ligações em estruturas metálicas foi realizado a partir de dados de levantamentos bibliográficos obtidos por meio de livros técnicos, artigos publicados em congressos, normas técnicas, dissertações e teses.

O estudo diz respeito de tipos de ligações sendo elas:

LIGAÇÃO RÍGIDA

A sua rotação não influencia a distribuição de esforços na estrutura, nem as deformações.

As ligações rígidas devem ser dimensionadas de modo a que a sua deformação não tenha uma influência significativa na distribuição dos esforços na estrutura, nem na sua deformação global.

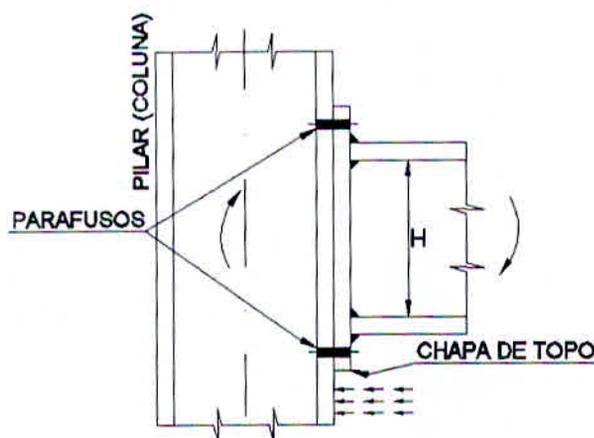


Figura 10 Ligação viga coluna com chapa de topo. Fonte: Autor.

LIGAÇÃO FLEXÍVEL

A ligação é considerada flexível se a rotação relativa entre as partes, após o carregamento, atingir 80% ou mais daquela teoricamente esperada caso a conexão fosse

totalmente livre de girar, As ligações flexíveis são as que permitem o maior movimento e são as mais simples de serem feitas e também as mais baratas.

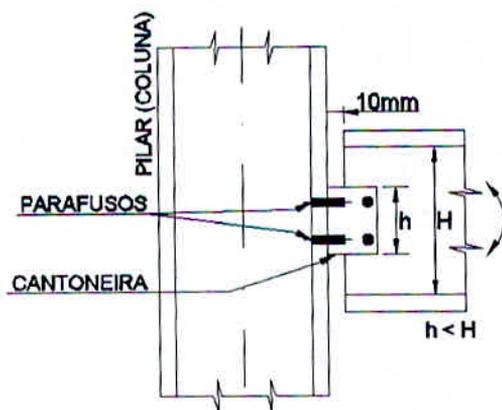


Figura 11 Ligação flexível viga coluna com cantoneira. Fonte: Autor.

LIGAÇÃO SEMI-RÍGIDA

Possuem um comportamento intermédio e a sua rotação influencia a distribuição de esforços na estrutura. Conseguem transmitir os esforços atuantes.

Uma ligação que não satisfaça os critérios de ligação rígida ou de ligação articulada deve ser classificada como ligação semi-rígida.

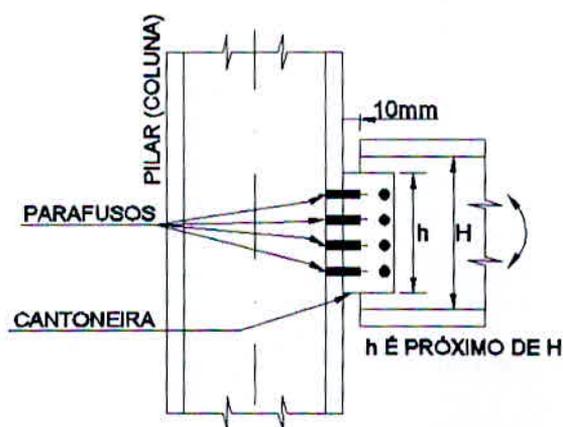


Figura 12 Ligação semi-rígida viga coluna com cantoneira. Fonte: Autor.

Também foram apresentados os tipos de soldas mais utilizados nas ligações, sendo:

SOLDA DE FILETE

O metal da solda é colocado externamente aos elementos a serem conectados. A solda de filete é mais simples, ou seja, mais empregada em uma instalação.

SOLDA DE ENTALHE

O diâmetro de um furo circular, ou a largura de um furo alongado, de uma soldadura por entalhe, não deve ser inferior a quatro vezes a espessura da peça que a contém.

As soldas podem ser verificadas pelos seguintes métodos: Inspeção visual, Líquido penetrante, Ultrassom e raios-X.

E por fim, algumas considerações em relação a parafusos para as ligações.

PARAFUSO COMUM

Os Parafusos comuns podem possuir cabeça e porca quadradas ou hexagonais (Figura. 16). São Montados geralmente apertando-se a porca. O emprego de arruela não é obrigatório, embora seu uso facilite o aperto. Os parafusos são compostos pela cabeça, corpo, arruela e porca e algumas vezes, contra porca.

A arruela tem a finalidade de distribuir as tensões de aperto, mas principalmente permitir a rotação da porca quando se está dando o aperto. A porca é de aço tratado termicamente e vai sempre do lado da porca. Em estruturas metálicas não se usa arruela do lado da cabeça. A resistência do parafuso é dada pela resistência das superfícies que devem ser rompidas na ação de corte – cisalhamento.

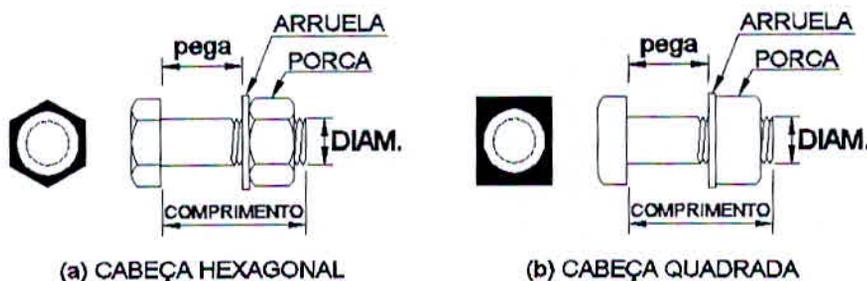


Figura 13 Parafusos Comuns. Fonte: Autor.

O Parafuso comum tem como características:

- Baixa resistência mecânica
- Utilizados apenas para peças secundárias (guarda-corpos, corrimãos, terças e longarinas de fechamento pouco solicitadas, etc.)
- Instalação: chave manual comum, sem controle de torque (permite a movimentação dos elementos conectados, não se considera a resistência por atrito entre as chapas conectadas).

PARAFUSO DE ALTA RESISTÊNCIA

Os Parafusos de alta resistência possuem cabeça e porca hexagonal e têm anotados na cabeça sua especificação, conforme ilustra a figura 17, na qual são mostrados os parafusos ASTM A325 e ASTM A490. Deve-se usar pelo menos uma arruela sob o elemento que gira (porca ou cabeça do parafuso) durante o aperto.



Figura 14 Parafusos de alta resistência. Fonte: Autor.

O Parafuso de alta resistência tem como características:

- Maior resistência;
- Menor número de parafusos;
- Menores chapas de ligação economia de aço.

Os Parafusos de alta resistência não devem ser soldados nem aquecidos para facilitar a montagem

Devemos, numa ligação parafusada, evitar:

- O cisalhamento do parafuso;
- O esmagamento;
- O rasgamento da chapa.

CONCLUSÃO

Conclui-se que ligações são classificadas como rígidas, semi-rígidas e flexíveis. Entretanto, sabe-se que as ligações usualmente consideradas como rígidas podem apresentar os mais variados comportamentos rotacionais em função das disposições construtivas, do diâmetro dos parafusos, e das soldas nelas empregadas. Em contrapartida, as ligações consideradas como flexíveis possuem certo grau de restrição à rotação.

Na ligação flexível, a rotação relativa entre os componentes estruturais que se interceptam varia consideravelmente, mesmo quando atuam momentos fletores reduzidos. O momento transmitido é muito pequeno, e na prática é considerado nulo, mas há transmissão integral de força cortante e pode haver transmissão de força normal.

A ligação semi-rígida se caracteriza por apresentar um comportamento intermediário entre a rígida e a flexível. Este tipo de ligação é pouco empregado.

Chego à conclusão final que com o dimensionamento correto de uma estrutura, respeitando todas as normas cabíveis e fazendo todo o procedimento correto, garantimos a segurança e um melhor desempenho da infra estrutura de uma obra.

BIBLIOGRÁFIA

ABNT NBR 8800:2008. Projetos de Estruturas Metálicas

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. Manual of steel construction: load and resistance factor design. 1st ed., Chicago (1986).

COBRAPI Companhia Brasileira de Projetos Industriais (1987).

KRISHNAMURTHY, N. Tests on bolted end-plate connections and comparisons with finite element analysis. Auburn, Alabama, Auburn University. Report n. CE-AISC-MBMA-7 (1975c).

LIMA, R; O. Comportamento de ligações com placas de extremidade em estruturas de aço submetidas a momento fletor e força axial (2003). Tese (doutorado). Engenharia civil. PUC Rio

MONTEIRO, C; R.. Análise de estruturas de aço com ligações semi-rígidas (1997). Dissertação (mestrado) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais

SWANSON, J. A. Characterization of the Strength, Stiffness, and Ductility Behavior of T-Stub Connections. Ph.D. Dissertation, Georgia Institute of Technology (1999).

ZOETEMEIJER, P.; BACK, J. de. High strength bolted beam to column connections. The computation of bolts, t-stub flanges and column flanges. Report 6-72-13, Delft University of Technology, Stevin Laboratory (1972).