

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O USO DE LIGAÇÕES SOLDADAS E PARAFUSADAS EM ESTRUTURAS METÁLICAS

Celiane Mendes da Silva¹

Iago Vilar Freire²

Jailson José Nunes Ferro³

Pauline Bomfim de Araújo de Almeida⁴

Bruna Camerino Lira Uchôa⁵

Engenharia Civil



cadernos de
graduação

ciências exatas e tecnológicas

ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

RESUMO

As estruturas metálicas fazem parte de uma das alternativas para a industrialização, sendo uma de suas principais características a fácil adaptação e versatilidade de concepção às necessidades específicas de cada aplicação. Vários aspectos diferenciam as estruturas metálicas dos demais tipos de estrutura, e dentre estes, um dos mais relevantes se refere às ligações presentes entre as peças que a compõe. Acerca disso, os dois tipos mais comuns de ligações empregadas em estruturas metálicas são as ligações soldadas e as parafusadas, sendo que a escolha do tipo de ligação a ser utilizada em determinada estrutura pode tornar a execução mais rápida e a obra mais econômica. Nesse sentido, o presente escrito visa apresentar um comparativo entre o uso de ligações soldadas e parafusadas relativo às suas vantagens e desvantagens, bem como os fatores que influenciam em tal escolha, indicando-se a mais viável para o determinado fim. As ligações parafusadas se destacam por possuírem rapidez na fabricação das peças, os equipamentos utilizados não necessitam de muita energia, além de não exigirem uma mão de obra especializada. Em contrapartida.

PALAVRAS-CHAVE

Estruturas Metálicas. Ligações Estruturais. Parafusos. Soldas.

ABSTRACT

On oil platforms we are faced with complex operating systems, and operators are responsible for maintaining their care and safety, acting in order to identify, predict and prevent possible accidents. Aimed at worker safety and health, the regulatory standards aim to ensure safe and healthy work, preventing the occurrence of illnesses and accidents at work. Currently, the regulatory standards (RS's), total 37, the last published on December 20, 2018. Regulatory Standard -37 – Safety and Health in Oil Platforms, establishes the minimum requirements for safety, health and living conditions at work at aboard oil platforms in operation in Brazilian Jurisdictional Waters (BJW). One way to reduce accidents on platforms is to carry out the largest possible number of risks analyzes before, during and after activities, preventive, expanding the vision regarding the prevention of possible accidents. In the offshore environment, the production, exploration and drilling oil platforms present several risks, thus, the present work had as proposal to verify if the RS-37 is being applied to the Piranema Spirit monocolumn platform, located in the Piranema Field, in the basin from Sergipe. For that, the applied methodology was a verification list, containing some of the items of the standard that are applicable to the type of analysis, checking if the suggested procedures are in agreement.

KEYWORDS

Metallic structures. Structural links. Screws. Welding.

1 INTRODUÇÃO

A arquitetura contemporânea, segundo Gerken (2003, p. 69), modifica a antiga ideia de esconder o “esqueleto” de um edifício, por meio das paredes de concreto e alvenaria, dirigindo-se a apresentar de forma harmoniosa a beleza que parte da estrutura de uma edificação.

Uma das formas de tornar real esse cenário é por meio de elementos construtivos que transmitem tanto a ideia de modernidade, prescrita pela arquitetura ou pela tecnologia envolvida, como também eficiência em sua função estrutural. Um modelo construtivo que se adapta bem a esse aspecto da modernidade são as construções em estruturas metálicas.

O uso das estruturas metálicas possibilita o aumento no comprimento de vãos, sem comprometer a segurança da estrutura, além da obtenção de construções mais ousadas, esbeltas e com considerável velocidade de execução. É importante ressaltar a ductilidade do aço, que quando associada à leveza da estrutura, proporcionam um bom comportamento sísmico.

De acordo com Valenciani (1997, p. 1), o principal fator que diferencia as estruturas metálicas dos outros tipos de estrutura são as ligações presentes entre as peças que compõem a estrutura. Sendo estas constituídas por elementos de ligação, que

transmitem os esforços gerados e dispositivos de ligação, que proporcionam a junção entre esses elementos com as partes da estrutura. Entre esses dispositivos estão as soldas e os conectores (parafusos, rebites e barras rosqueadas).

O termo ligação é aplicado a todos os detalhes construtivos que promovam a união de partes da estrutura entre si ou a sua união com elementos externos a ela (IBS/CBCA, 2004). Os componentes que permitem as ligações são os elementos de ligação, dentre eles podemos citar: enrijecedores, chapas de ligação, cantoneiras, consolos, placa de base, e as talas de alma e de mesa.

Segundo Ribeiro (1998, p. 1), a análise convencional de uma estrutura pressupõe um conjunto de barras unidimensionais interligadas e, durante muito tempo, considerou-se as ligações como pontos nodais, idealizando-se o seu comportamento como nós rígidos ou rotulados, em termos de rotações relativas e da transmissão do momento fletor entre as barras.

Contudo, diversos estudos e pesquisas têm indicado a inadequação desse conceito, visto que vários fatores influenciam o comportamento das ligações, em particular, e da estrutura, de uma maneira global, qualquer que seja o sistema estrutural ou os materiais utilizados.

Acerca disso, devido à diversidade de configurações existentes nas estruturas metálicas, não é possível se obter um perfeito engastamento entre vigas e pilares, por exemplo, verificando-se que as ligações introduzem efeitos locais e imperfeições que podem induzir um comportamento global não linear da estrutura, bem como uma rigidez parcial das ligações, o que torna ainda mais precária a sua classificação como rígidas ou flexíveis (RIBEIRO, 1998).

Muitas pesquisas têm sido desenvolvidas, visando o estudo do comportamento estrutural de diversos tipos de ligação e o entendimento da influência sobre o comportamento global das estruturas. Nos dias atuais, como resultado de tais pesquisas, entende-se que as ligações, em maior ou menor grau, apresentam um comportamento semirrígido e este comportamento vem sendo, progressivamente, incorporado às etapas de análise e dimensionamento das estruturas, permitindo a utilização de modelos com desempenho mais próximo ao do comportamento das estruturas.

Assim sendo, o presente artigo tem por objetivo apresentar os tipos de ligações existentes nos sistemas estruturais metálicos, ressaltando suas características em relação ao comportamento estrutural, materiais e componentes utilizados e a resistência dos materiais e de cálculo, no intuito de comparar a as ligações soldadas e parafusadas, aferindo-se a mais viável.

2 LIGAÇÕES EM ESTRUTURAS METÁLICAS

O aço pode garantir um efeito arquitetônico equilibrado e esteticamente condizente com os parâmetros atuais, desde que os detalhes das ligações, nós, placas de base sejam projetados e executados cuidadosamente. Gerken (2003, p. 88) afirma que entre 1890 e 1920, todas as ligações de aço eram feitas por meio de parafusos ou rebi-

tes, entretanto, com o aparecimento da técnica da perfilação por laminação contínua e o uso do processo de soldagem em aço, nos idos de 1920, a produção sistemática dos tubos laminados e soldados ficou mais barata.

Vários aspectos diferenciam as estruturas metálicas dos outros tipos de estruturas e, dentre estes, um dos mais significativos refere-se às ligações presentes entre as peças que compõem a estrutura. Segundo o IBS/CBCA (2004, p. 10), o termo ligação é aplicado a todos os detalhes construtivos que promovam a união de partes da estrutura entre si ou a sua união com elementos externos a ela, como, por exemplo, as fundações.

As ligações em estruturas metálicas são constituídas por dois tipos de componentes: os elementos de ligação e os dispositivos de ligação (VALENCIANI, 1997).

Sabe-se que os elementos de ligação são componentes que promovem a transmissão dos esforços gerados na estrutura, entre estes elementos tem-se os enrijecedores, as placas de base, as cantoneiras de assento, as chapas de nó, as cobrejuntas de alma e de mesa, dentre outros.

Já os dispositivos de ligação são os componentes que proporcionam a união entre os elementos de ligação e as partes da estrutura que se deseja conectar, entre estes componentes têm-se as soldas e os conectores.

2.1 CLASSIFICAÇÃO DAS LIGAÇÕES

A análise convencional de uma estrutura pressupõe um conjunto de barras unidimensionais interligadas e, durante muito tempo, considerou-se as ligações como pontos nodais, idealizando-se o seu comportamento como nós rígidos ou rotulados, em termos de rotações relativas e da transmissão do momento fletor entre as barras (RIBEIRO, 1998).

As ligações em estruturas metálicas podem ser classificadas segundo 3 aspectos, são estes à rigidez, os esforços solicitantes e os meios de ligação.

A classificação das ligações segundo à rigidez, ou seja, à sua capacidade de impedir a rotação relativa local das peças ligadas, é responsável pelo comportamento final da estrutura em termos de rotações e deslocamentos. Neste aspecto, pode-se citar a ligação rígida, a ligação flexível e a semi-rígida (IBS/CBCA, 2004).

Já no âmbito dos esforços solicitantes, o IBS/CBCA (2004, p. 15) afirma que a depender destes esforços de suas posições relativas e dos grupos de parafusos ou linhas de solda resistentes, as ligações podem ser dos seguintes tipos básicos:

- cisalhamento centrado;
- cisalhamento excêntrico;
- tração ou compressão;
- tração ou compressão com cisalhamento.

Por fim, com relação aos meios de ligação, que serão o parâmetro de classificação abordado neste artigo, tem-se que as ligações podem ser soldadas ou parafusadas, sendo que, na maioria das vezes, o cálculo da ligação implica na verificação de grupos de parafusos e de linhas de solda.

3 LIGAÇÕES PARAFUSADAS

Uma ligação em uma estrutura é o vínculo responsável pela união e transmissão de esforços de um elemento estrutural para outro, como por exemplo vigas e pilares. Para a montagem das estruturas é necessário que haja conexões adequadas entre os elementos.

Segundo Valle Junior (2016, p. 30), inicialmente, os vínculos entre pilares e vigas eram feitos por meio de rebites, o que ocorreu até meados dos anos 1960 do século XX e que caíram em desuso com o surgimento dos parafusos de alta resistência e o desenvolvimento da solda elétrica. De acordo com Bellei (2010, p. 63), os parafusos vieram substituir, com vantagens, as ligações rebitadas, usadas durante muito tempo, até 1969, no Brasil.

Tanto as ligações parafusadas quanto as ligações soldadas são utilizadas largamente nas ligações de fábrica e de campo de estruturas metálicas. É muito comum a utilização de soldas nas ligações de fábrica e de parafusos nas ligações de campo (IBS/CBCA, 2004).

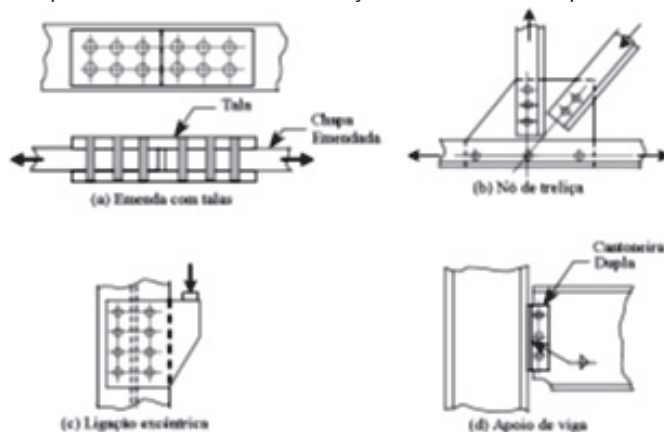
Dentre as vantagens da utilização de ligações parafusadas pode-se citar a rapidez de execução, a mão de obra utilizada para instalação e inspeção dos parafusos não precisa ser especializada como a utilizada em ligações soldadas, o equipamento de instalação é simples e não necessita de muita energia.

Por outro lado, as desvantagens das ligações parafusadas são os furos que enfraquecem as peças conectadas e, algumas vezes, pode ser necessário reforçar as mesmas, as ligações são mais complexas do que as ligações soldadas e exigem um trabalho maior de cálculo, detalhamento e fabricação e a necessidade de previsão antecipada para evitar falta de parafusos na obra.

As ligações parafusadas podem ser classificadas de acordo com o tipo de esforço que atua nos parafusos. Estes esforços são tração, esforço cortante e uma combinação de tração com esforço cortante. A forma com que estes esforços são introduzidos nos parafusos é bastante diversificada (IBS/CBCA, 2004).

Na Figura 1, estão representadas algumas ligações que introduzem esforço cortante nos parafusos.

Figura 1 – Ligações parafusadas com esforço cortante nos parafusos



Fonte: IBS/CBCA (2004).

3.1 CONECTORES ESTRUTURAIS

De acordo com Valenciani (1997, p. 1), os dispositivos de ligação são os componentes que proporcionam a união entre os elementos de ligação e as partes da estrutura que se deseja conectar, dentre estas partes estão os conectores e as soldas. Esses conectores geralmente são divididos em parafusos comuns e de alta resistência, rebites e barras rosqueadas.

3.1.1 REBITES

Os rebites foram utilizados por vários anos como os principais dispositivos de ligação entre elementos estruturais compostos por aço e tinha como satisfatório o seu comportamento estrutural até a década de 1950, onde começaram a ser produzidos os parafusos de alta resistência e o aprimoramento das técnicas de soldagem, tornando assim obsoleta esta forma de ligação. Hoje em dia, sendo apenas aplicada em recuperação de estruturas antigas rebitadas.

O processo era realizado de forma com que o rebite fosse inserido quente em furos padrão (diâmetro do furo 2mm maior que o diâmetro do rebite), sua aplicação é realizada por um martelo "pneumático" o qual produz a formação da cabeça e causa uma expansão radial no corpo do rebite, fazendo com que preencha a folga existente no furo. Ao esfriar, há a contração dele, que produz uma força de aperto entre as partes, e conseqüentemente, proporciona um trabalho por atrito da conexão.

3.1.2 PARAFUSOS COMUNS

Os parafusos comuns são feitos de aço de baixo carbono com uma resistência mínima à tração de 415Mpa, estes podem conduzir uma conexão onerosa devido a quantidade excessiva que se solicita para a utilização e conseqüentemente ao excessivo tamanho das chapas envolvidas. Tais parafusos podem ser encontrados com cabeça e porcas quadradas ou mais comumente sextavados, com ou sem rosca ao longo de todo o corpo do parafuso.

Segundo Gaylord e colaboradores (1992 apud VALENCIANI, 1997, p. 21), eles são recomendados para uso em estruturas não sujeitas a impactos ou vibrações e são usados tanto em construções de aço laminado a quente quanto nas conformadas a frio. Sua aplicação pode ser realizada principalmente em estruturas leves, perfis de contravento, plataformas, passarelas, terças etc., e sua indicação é feita para ligações por contato, aquelas em que a força é transmitida por meio do contato do corpo do parafuso com a parede do furo.

3.1.3 PARAFUSOS DE ALTA RESISTÊNCIA

Os parafusos de alta resistência possuem anatomia com cabeça hexagonal pesada e é utilizado com porcas pesadas. Este tipo possui menores porções rosqueadas

que os outros parafusos, causando assim uma redução na probabilidade de haver roscas inclusas no plano de corte.

De acordo com Valenciani (1997, p. 10) esses parafusos são indicados para uso em conexão por atrito, onde a força é transmitida pelo atrito mobilizado entre as chapas ou em conexões por contato, onde a força é transmitida pelo contato do corpo do parafuso com a parede do furo.

3.2 CLASSIFICAÇÃO DAS LIGAÇÕES PARAFUSADAS

Para as ligações parafusadas submetidas a esforços de corte, uma outra forma de classificação é de acordo com o mecanismo de transferência entre os componentes da ligação (IBS/CBCA, 2004).

Desta forma as ligações com parafusos submetidos a esforços solicitantes são classificadas da seguinte maneira:

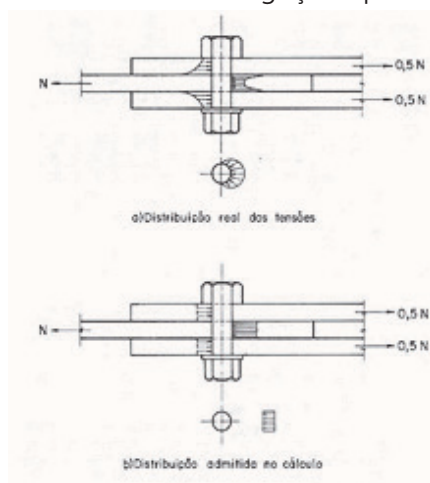
- Ligações por contato;
- Ligações por atrito.

3.2.1 LIGAÇÕES POR CONTATO

Uma característica principal desse tipo de ligação trata do seu esforço cortante, que é transmitido de um componente da ligação para outro por meio do contato entre o corpo do parafuso e a parede do furo. A superfície de contato é chamada de plano de corte, pois é neste plano que se dá o cisalhamento do parafuso, já a presença da rosca no plano de corte reduz a resistência do parafuso ao cisalhamento.

Na Figura 2 demonstra-se como é realizada a distribuição das tensões ao longo das ligações por contato.

Figura 2 – Tensões nas paredes do furo em ligações por contato



Fonte: IBS/CBCA (2004).

As ligações de contato são indicadas para carregamentos predominantemente estáticos, onde um eventual deslizamento entre as partes conectadas não afete a vida útil dos parafusos e da própria ligação e nem o comportamento global da estrutura (IBS/CBCA, 2004).

3.2.2 LIGAÇÕES POR ATRITO

Uma individualidade deste tipo de ligação se refere aos parafusos que são montados com protensão, de modo que há o desenvolvimento de uma grande pressão entre as peças na superfície de contato. Conseqüentemente, devido à tendência ao deslizamento de uma peça sobre a outra, tem-se na superfície de contato uma tensão de atrito que impede o escorregamento das peças e garante o funcionamento da ligação.

As ligações de atrito são indicadas para carregamentos dinâmicos e para os casos em que o deslizamento da ligação entre as partes conectadas possa afetar o comportamento previsto para a estrutura (IBS/CBCA, 2004).

4 LIGAÇÕES SOLDADAS

As ligações soldadas são uma forma de simplificar a junção de peças, porém há a necessidade de mão de obra especializada com condições e ambiente de trabalho adequados. Estas ligações são mais utilizadas em fábricas, possibilitando um maior controle tecnológico e fiscal, sobre todo o processo.

Já no campo as tais não são indicadas, devido a dificuldades no local de trabalho como executar a ligação em andaimes, locais confinados e serviços em altura. Nesses casos é preferível utilizar ligações parafusadas porque não necessita de todo o cuidado que a ligação soldada requer.

Segundo o Centro Brasileiro da Construção em Aço (2011, p. 15), a união de componentes metálicos nas ligações de solda pode ser feita por meio da fusão de eletrodos metálicos. Devido à alta temperatura produzida por um arco voltaico, processa-se, também, a fusão parcial dos componentes a serem ligados. Após o resfriamento, metal base e metal do eletrodo passam a constituir um corpo único.

4.1 PROCESSOS DE SOLDAGEM

No que tange à aplicação das especificações apresentadas no *Structural Welding Code da American Welding Society* (AWS) para a escolha dos materiais de soldagem, obedecendo a NBR 8800:2008, apresenta-se os quatro processos de soldagem mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Processos de soldagem segundo a NBR 8800:2008

Processo de soldagem	Sigla
Soldagem com eletrodo revestido ou “Shield Metal Arc Welding”	SMAW
Soldagem com proteção gasosa ou “Gas Metal Arc Welding”	GMAW
Soldagem com fluxo no núcleo ou “Flux Cored Arc Welding”	FCAW
Soldagem a arco submerso ou “Submerged Arc Welding”	SAW

Fonte: Adaptado de Valenciani (1997).

4.1.1 Soldagem a arco com eletrodo revestido (smaw – shield metal arc welding)

Acerca do método SMAW, é necessário salientar que é um dos mais antigos e simples. Este processo consiste em eletrodos revestidos que tem uma camada espessa de revestimento e transforma-se parcialmente em um gás protetor e escória, protegendo o metal da solda de possíveis contaminações atmosféricas e retardam o seu esfriamento (CBCA, 2011).

Em uma soldagem executada com um eletrodo nu, conforme Quites & Dutra (1979 apud VALENCIANI, 1997, p. 54), após a fusão no ar, o eletrodo perde por oxidação grande quantidade de seu carbono, manganês e silício, enquanto o nitrogênio existente no ar forma nitretos.

Esses nitretos juntamente com os óxidos formados, ficam confinados na solda reduzindo sua resistência e ductilidade. Para evitar isso, é necessário formar em torno do arco uma atmosfera gasosa, que neste caso, é obtida pela queima do revestimento incorporado no eletrodo.

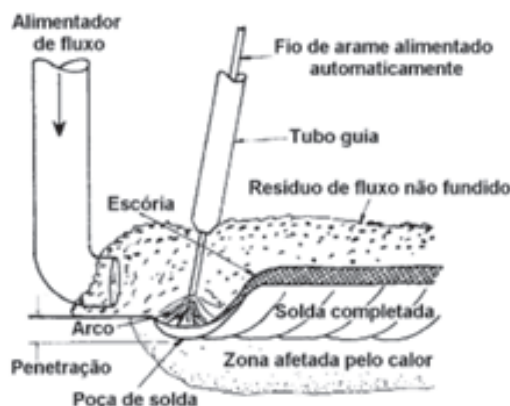
Para executar uma solda de qualidade o operador deve ter uma certa habilidade e um nível alto de conhecimento e manipulação do que está sendo feito, mas isso vem mudando por causa da automação dos processos e do avanço da tecnologia que cada vez mais substitui trabalhos manuais.

4.1.2 SOLDAGEM A ARCO SUBMERSO (SAW – SUBMERGED ARC WELDING)

Uma das singularidades neste processo trata-se do arame eletrodo que é alimentado mecanicamente a partir de uma bobina para a pistola ou cabeçote de soldagem e, pela velocidade, mantém-se um comprimento constante de arco. Além disso, o arco é inteiramente submerso em um fluxo granular, onde altas correntes podem ser usadas sem perigo do ar suspender gotículas de líquido ou haver respingos (VALENCIANI, 1997).

De acordo com Valenciani (1997, p. 57), esse fluxo granular é um material fusível que é alimentado na área de trabalho por gravidade em uma quantidade suficiente para submergir o arco completamente. Alguns dos materiais granulares fundem-se para formar um revestimento sobre a solda, que além de protege-la da atmosfera, ajuda no controle do grau de velocidade de resfriamento da mesma.

Figura 3 – Representação do processo de soldagem a arco submerso (SAW)



Fonte: Valenciani (1997).

4.1.3 Solda com proteção gasosa (GMAW – Gás Metal Arc Welding)

A necessidade de uma proteção gasosa para a execução do processo é um diferencial neste caso e uma dessas proteções se tem com o uso do *Metal Inert Gas* (MIG), que são gases inertes como o hélio e argônio. Já o *Metal Active Gas* (MAG) é utilizado gases ativos como o dióxido de carbono, nitrogênio e oxigênio (CBCA, 2011).

O manual do Centro Brasileiro da Construção em Aço (2011, p. 8), é específico ao retratar que a soldagem usa o calor de um arco elétrico entre um eletrodo nu, que é o próprio arame sólido alimentado com uma velocidade constante a partir do aperto de um gatilho e o metal base. O calor funde o final do eletrodo e a superfície do metal base para formar a poça de fusão.

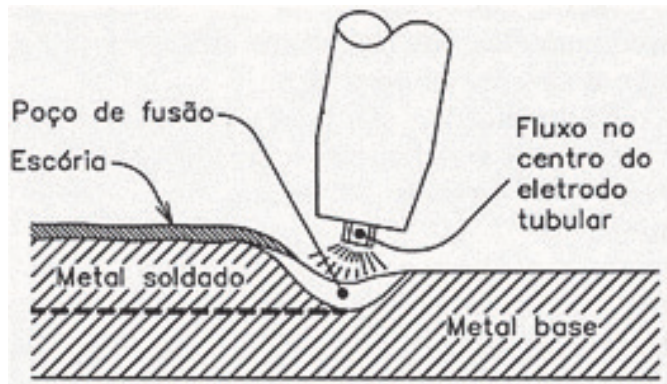
A proteção do arco e da poça de solda fundida vem inteiramente do gás alimentado externamente, que pode ser inerte ou ativo ou ainda uma mistura destes, daí a denominação do processo.

4.1.4 Soldagem com Fluxo no Núcleo ou Flux Cored Arc Welding

A soldagem FCAW é muito parecida com a GMAW MIG/MAG, a única diferença entre os dois métodos é que o arame de solda é tubular e que contém fluxo no seu núcleo (CBCA, 2011).

Nesse processo, segundo Valenciani (1997, p. 67), a proteção do arco é feita pela queima do fluxo em pó contido no arame tubular e uma outra maneira de se proteger o fluxo é envolvendo o arco por um fluxo adicional de gás protetor aplicado externamente, que flui do mesmo bocal que emerge o eletrodo.

Figura 4 – Soldas com eletrodo tubular



Fonte: CBCA (2004).

5 COMPARATIVO ENTRE A VIABILIDADE DE LIGAÇÕES SOLDADAS E PARAFUSADAS

As ligações nas estruturas metálicas são classificadas de acordo com a análise da rigidez e do esforço solicitante, porém quando se trata dos meios de ligação, a escolha por ligações soldadas ou parafusadas deve ser decidida a partir de um conjunto de parâmetros. É importante fazer uma espécie de combinação destes para avaliar a viabilidade das ligações e qual se aplica melhor ao caso estudado.

Paranhos e outros autores (2018) fizeram um estudo comparativo por meio de uma modelagem num *software* entre as ligações soldadas e parafusadas, onde avaliaram o dimensionamento de uma ligação com dupla cantoneira que deveria resistir a um certo esforço. Ao analisar os casos com os dois tipos de ligação, eles observaram valores de tensão menores no modelo soldado e concluíram que essa diferença se dá pela presença de furos, pois estes diminuem a seção transversal, aumentando a tensão atuante. Porém os valores de rigidez foram praticamente iguais e não houve deformação plástica, nem falha em relação ao esforço cortante em nenhum dos casos.

Observa-se, na Figura 3, os valores máximos de tensão e deformação, obtidos por Paranhos e outros autores (2018, p. 8), registrados nas chapas de cada modelo.

Figura 5 – Tensões e deformações máximas registradas nos modelos das ligações

Elemento	Espessura (mm)	Ligação Soldada (1)		Ligação Parafusada (2)	
		Tensão máxima (MPa)	Deformação máxima (%)	Tensão máxima (MPa)	Deformação máxima (%)
Mesa - Coluna	10	87.6	0.0	166.6	0.0
Alma - Coluna	8	33.6	0.0	37	0.0
Mesa Superior - Viga	10	194.2	0.0	194.3	0.0
Mesa Inferior - Viga	10	194.2	0.0	194.1	0.0
Alma - Viga	6	199.2	0.0	231	3.8
Aba da Cantoneira a - Coluna	8	203.1	0.0	223.6	0.1
Aba da Cantoneira a - Viga	8	223.5	0.1	223.5	0.0
Aba da Cantoneira b - Coluna	8	203.1	0.0	223.6	0.1
Aba da Cantoneira b - Viga	8	223.5	0.1	223.5	0.0

Fonte: Paranhos e outros autores (2018).

No entanto, quando se trata da viabilidade entre os tipos de ligação metálica, é importante se certificar, principalmente, do local que esta será realizada, pois muitos autores relatam o uso das soldas, na maioria das vezes, nas ligações de fábrica e dos parafusos em ligações de campo.

6 CONCLUSÕES

Quando se faz necessária a criação de uma estrutura leve, esbelta, ousada, moderna e que vença grandes vãos de forma segura, as estruturas metálicas podem ser uma ótima opção.

As ligações parafusadas se destacam por possuírem rapidez na fabricação das peças, os equipamentos utilizados não necessitam de muita energia, além de não exigirem uma mão de obra especializada. Em contrapartida, apresentam algumas desvantagens, como por exemplo: é preciso prever a quantidade correta de parafusos, e possuem uma maior dificuldade quando é preciso realizar ajustes em campo.

Já nas ligações soldadas, é preciso ter um certo cuidado com o controle de qualidade da solda e ainda existem algumas necessidades especiais, como um local apropriado, um maior tempo para montagens das peças, e é preciso estar atento aos efeitos de retração causados pelo calor gerado pela própria solda, além disso, é preciso proteger a solda de chuva e vento (ALMEIDA, 2014).

Por outro lado, esse tipo de ligação traz uma certa economia de material, sua ligação direta entre os membros forma uma estrutura mais rígida e possui mais facilidade para consertar erros.

Apesar de que cada tipo de ligação possui suas vantagens e desvantagens, o local de trabalho, as condições do ambiente, custo, tamanho dos vãos e o uso da

estrutura são fatores de grande importância na determinação do tipo de ligação a ser utilizada, sejam elas ligações soldadas ou parafusadas.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.

ALMEIDA, P. H. V. **Estudo e verificação de ligações metálicas soldadas e parafusadas**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Centro Universitário de Brasília. Brasília: UniCEUB, 2014.

BELLEI, I. H. **Edifícios industriais em aço**: projeto e cálculo. 6. ed. São Paulo, SP: PINI, 2010.

GAYLORD, H. E.; GAYLORD, C. N.; STALLMEYER, J. E. **Design of steel structures**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1992.

GERKEN, F. S. **Perfis tubulares**: aspectos arquitetônicos e estruturais. 2003. Dissertação (Mestrado) – Escola de Minas, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto: UFOP, 2003.

INSTITUTO Aço Brasil Ligações em Estruturas Metálicas – Centro Brasileiro da Construção em Aço. **Série manual de construção em aço**, v. 1. Instituto Aço Brasil, Alexandre Luiz Vasconcellos (rev.). Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/CBCA, 2011. 59 p.

INSTITUTO Brasileiro de Siderurgia – Centro Brasileiro da Construção em Aço. **Ligações em estruturas metálicas**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2004.

PARANHOS, L. P. *et al.* Estudo comparativo entre ligações parafusadas e soldadas em estruturas metálicas. Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, Associação Brasileira de Pontes e Estruturas, 10, 9 a 11 de maio de 2018. **Anais [...]**, Rio de Janeiro, 2018.

QUITES, A. M.; DUTRA, J.C. **Tecnologia da soldagem a arco voltaico**. Florianópolis: EDEME, 1979.

RIBEIRO, L. F. L. **Estudo do comportamento estrutural de ligações parafusadas viga-coluna com chapa de topo**: análise teórico-experimental. 1998. 560 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 1998.

VALENCIANI, V.C. **Ligações em estruturas de aço**. 1997. 352 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 1997.

VALLE JUNIOR, P. C. D. **Automatização do cálculo de ligações parafusadas: ligação viga-pilar rígida com chapa de topo e ligação viga-viga flexível com dupla cantoneira**. 2016. 90 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, PR, 2016.

Data do recebimento: 23 de novembro de 2020

Data da avaliação: 11 de dezembro de 2020

Data de aceite: 12 de dezembro de 2020

1 Acadêmica do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

E-mail: celianems@hotmail.com

2 Acadêmico do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

E-mail: iago.freire@souunit.com.br

3 Acadêmico do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

E-mail: lailson.jose@souunit.com.br

4 Acadêmica do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

E-mail: pauline.bomfim@souunit.com.br

5 Professora do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

E-mail: bruna.camerino@souunit.com.br