



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - FURG
UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS - UNIPAC -
BARBACENA
ENGENHARIA CIVIL

ALICE RAFAELA DE CARVALHO PEREIRA
TALES AGUIAR

CONTROLE DOS PROCESSOS DE SOLDAGEM E SUA IMPORTÂNCIA PARA OS
SETORES INDUSTRIAIS E DA CONSTRUÇÃO

BARBACENA/MG
2020

**ALICE RAFAELA DE CARVALHO PEREIRA
TALES AGUIAR**

**CONTROLE DOS PROCESSOS DE SOLDAGEM E SUA IMPORTÂNCIA PARA OS
SETORES INDUSTRIAIS E DA CONSTRUÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Presidente Antônio Carlos de Barbacena, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador (a): Emanuel Bomtempo Matos.

**BARBACENA/MG
2020**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor do meu destino, meu guia, socorro presente na hora da angústia, e a todos que de alguma forma contribuíram para que eu conseguisse chegar ao final desta etapa.

AGRADECIMENTOS

“Ao meu Prof. Orientador pela orientação segura e precisa, sugestão de textos e, seu grande desprendimento em ajudar-nos e amizade sincera.”

EPIGRAFE

“Engenharia Civil não é sobre construir coisas, mas sim, executar sonhos”.
(Leonardo Alves)

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo mostrar a importância da qualidade do processo de soldagens para as indústrias, e como a otimização do processo de soldagem melhora a produtividade reduzindo os custos envolvidos. Para isto foi utilizada a revisão bibliográfica para se fazer este trabalho, utilizando-se do método explicativo, para explicar as causas e os efeitos de determinado fenômeno. A análise dos parâmetros aliado à literatura firmou que realmente com parâmetros corretos pode-se realizar uma soldagem com qualidade respeitando os limites de especificação sugeridas, para isso a carta de controle torna-se uma ferramenta de grande ajuda, no caso da soldagem para manter o processo com maior qualidade possível. Cada vez mais as empresas precisam aprimorar sua competitividade no ambiente da manufatura, tornando suas estruturas mais enxutas, aumentando a qualidade de seus processos e reduzindo custos.

Palavras-chave: Engenharia. Soldagem. Indústria. Construção.

ABSTRACT

Objective: to show the importance of the quality of the welding process for industries, and how the optimization of the welding process improves productivity by reducing the costs involved. Method: the bibliographic review was used to do this work, using the explanatory method, to explain the causes and effects of a certain phenomenon. Results: The analysis of the parameters, allied to the literature, confirmed that, with correct parameters, it is possible to perform a welding with quality respecting the suggested specification limits. For this, the control chart becomes a tool of great help, in the case of welding for keep the process as high as possible. Final considerations: More and more companies need to improve their competitiveness in the manufacturing environment, making their structures leaner, increasing the quality of their processes and reducing costs.

Keywords: Engineering. Welding. Industry. Construction.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 DESENVOLVIMENTO.....	9
2.1. Histórico da soldagem	10
2.2. Tipos de soldagem	11
2.2.1 <i>Soldagem a gás</i>	12
2.2.2 <i>Soldagem em arco</i>	13
2.2.3 <i>Soldagem por resistência</i>	14
2.3 Processos de soldagem.....	14
2.4 Vantagens e desvantagens da utilização de soldas	17
2.5 Aplicação da soldagem em construções	17
2.6 Patologias das soldagens	18
2.7 Procedimentos para controle da qualidade da solda	19
2.8 Importância do controle de qualidade da solda	20
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
REFERÊNCIAS.....	23

1 INTRODUÇÃO

A soldagem nos últimos anos sofreu um grande aperfeiçoamento, principalmente pelos consumidores apresentarem um perfil mais exigente e buscando mais qualidade. As empresas possuem um alto grau de competitividade entre os diversos setores, isto faz com que elas procurem sempre melhorar seus processos investindo cada vez mais em processos de soldagem mais refinados. Por isso, o objetivo deste Trabalho de Conclusão de Curso é mostrar a importância da qualidade do processo de soldagens para as indústrias, e como a otimização do processo de soldagem melhora a produtividade reduzindo os custos envolvidos.

Justifica-se a realização desta pesquisa por sua importância não só para a área da engenharia, mas para todas as indústrias em geral. Pois, segundo Campos (2018, p.08) “A variação elevada na produção de peças diferentes exige que o controle do produto seja realizado constantemente [...]”. E segundo ainda Campos (2018, p.08-09): “Com isso, o controle dos parâmetros de soldagem se torna essencial para obter-se a soldagem de qualidade e consequentemente garantir a mesma qualidade do produto final”.

Foi feita uma revisão bibliográfica para conseguir explicar e entender o tema com um embasamento teórico, que foi feito através da leitura, fichamento, catalogação de livros, artigos, revistas e trabalhos. Pois, o processo de pesquisa envolve a escolha do tema, levantamento bibliográfico preliminar, formulação do problema, elaboração do plano provisório de assunto, busca das fontes, leitura do material, fichamento, organização lógica do assunto e redação do texto (GIL, 2007, p.60). Conforme Gil (2008), “a pesquisa exploratória tem a finalidade de proporcionar maior familiaridade com o problema (explicitá-lo)”. Segundo Koche (1997, p.122), “a pesquisa bibliográfica tem a finalidade de ampliar o conhecimento na área, de dominar o conhecimento para depois utilizá-lo como modelo teórico, que dará sustentação a outros problemas de pesquisa e para descrever e sistematizar o estado da arte na área estudada”.

Para explicar melhor o tema foi feita uma divisão em capítulos da seguinte forma: 1) Introdução; 2) Desenvolvimento (com as seguintes subdivisões): Histórico da Soldagem, Tipos de Soldagem, Processos de Soldagem, Vantagens da Soldagem, Aplicação da Soldagem, Patologias da Soldagem, Procedimentos para o controle da qualidade da Soldagem, Importância da Soldagem; 3) Considerações Finais.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1. Histórico da soldagem

A soldagem consiste em um processo em que peças de metal são unidas utilizando-se da fusão como meio principal. É muito utilizada na engenharia, artesanato, joalheria e outros, tendo como objetivo a união definitiva das partes, sem comprometimento das propriedades físicas e químicas dos materiais base¹.

A soldagem, como é conhecida hoje, é um processo relativamente recente, com cerca de aproximadamente 100 anos. Mas nos tempos antigos, a brasagem e a soldagem já eram utilizadas, como na Pérsia por volta de 4.000 a.C. (WEMAN², 2005).

O ferro, cuja data da fabricação remonta a 1.500 a.C, substituiu o cobre e o bronze na confecção de vários artefatos, sendo produzido por redução direta³, e através das marteladas ia sendo moldado na forma de blocos. Quando havia necessidade de peças maiores, os blocos eram soldados por forjamento (MODENESI; MARQUES, 2000).

A soldagem foi utilizada na antiguidade e Idade Média para a fabricação de armas e outros instrumentos. Ferramentas eram fabricadas com ferro e tiras de aço soldados nos locais de corte e endurecidas por têmpera. Sua importância diminuiu nos séculos XII e XIII com o desenvolvimento de tecnologia para a obtenção, no estado líquido, de grandes quantidades de ferro fundido, com a utilização da energia gerada em rodas d'água e, nos séculos XIV e XV, com o desenvolvimento do alto forno. A soldagem por forjamento foi substituída por outros processos de união como a rebitagem e a parafusagem (MODENESI; MARQUES, 2000).

Foi a partir do século XIX que a tecnologia da soldagem começou a mudar radicalmente, sendo o desenvolvimento da soldagem moderna alavancado pela Revolução Industrial a partir da descoberta do arco elétrico em 1801. Em 1877, a soldagem por resistência foi estudada e, em 1885, foi desenvolvida a soldagem por arco elétrico, utilizando

¹ TERRA. (Site). **A história da soldagem e sua evolução para os dias atuais**. 2018. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/dino/a-historia-da-soldagem-e-sua-evolucao-para-os-dias-atuais,c07e70e81e9395a88218eea4301aa43bw9wbfhab.html>>. Acesso: 19 de set. de 2020.

² Klas Weman, MSc, tem uma larga experiência no desenvolvimento de equipamentos de arco, fontes de energia e processos de soldagem na ESAB *Welding Equipment* AB, em Laxa, Suécia. Anteriormente, foi professor adjunto no Departamento de Tecnologia de Soldagem no *Royal Institute of Technology*, em Estocolmo.

³ Neste processo o minério de ferro era misturado com o carvão em brasa e soprado. Desta forma, o óxido de ferro era reduzido pelo carbono, produzindo-se ferro metálico sem a fusão do material (MODENESI; MARQUES, 2000, p.03).

um eletrodo de grafite, que mais tarde foi substituído por um arame metálico, e que décadas depois se tornaria o processo de solda mais popular entre todos até os dias de hoje.⁴

Resumidamente os principais fatos históricos da soldagem podem ser observados no QUADRO 1.

Quadro 1 - Resumo do histórico da soldagem

Fonte: UNISANTA (2012) adaptado pelos autores.

1801	Sir Humphey Davis descobre o fenômeno do arco elétrico.
1836	Edmund Davy descobre o Acetileno.
1885	N. Bernardos e S. Olsewski depositam patente do processo de soldagem por arco elétrico.
1889	N.G. Slavianoff e C.Coffin substituem o eletrodo de grafite por arame metálico.
1901	Fouché e Picard desenvolvem o primeiro maçarico industrial para soldagem oxiacetilênica.
1903	Goldschmidt descobre a solda aluminotérmica.
1907	O. Kjellberg deposita a patente do primeiro eletrodo revestido.
1919	C.J. Halsag introduz a corrente alternada nos processos de soldagem.
1926	H.M. Hobart e P.K. Denver utilizam gás inerte como proteção do arco elétrico.
1930	Primeiras normas para eletrodo revestido nos EUA.
1935	Desenvolvimento dos processos de soldagem TIG e Arco Submerso.
1948	H.F. Kennedy desenvolve o processo de soldagem MIG
1950	França e Alemanha desenvolvem o processo de soldagem por feixe de elétrons.
1953	Surgimento do processo MAG.
1953	Primeiras aplicações do processo PLASMA convencional.
1957	Desenvolvimento do processo de soldagem com arame tubular e proteção gasosa.
1958	Desenvolvimento do processo de soldagem por eletro-escória, na Rússia.
1960	Desenvolvimento do processo de soldagem por laser, nos EUA.
1970	Aplicados os primeiros robôs nos processos de soldagem.

2.2. Tipos de soldagem

A Associação Brasileira de Normas Técnicas a NBR 13043 (ABNT, 1993) padroniza números e nomes de processos de soldagem para representação simbólica em desenho técnico e estabelece as condições específicas como números e nomes padronizados de processos de soldagem.

Os principais tipos de soldagem são apresentados no QUADRO 2 a seguir:

Quadro 2 – Tipos de soldagem e seus inventores

⁴ TERRA. (Site). **A história da soldagem e sua evolução para os dias atuais**. 2018. Disponível em: <<https://www.terra.com.br/noticias/dino/a-historia-da-soldagem-e-sua-evolucao-para-os-dias-atuais,c07e70e81e9395a88218eea4301aa43bw9wbfab.html>>. Acesso: 19 de set. de 2020.

Processo de soldagem	Inventor	Ano	País
Soldagem por resistência	E. Thomson	1886-1900	EUA
Soldagem oxicombustível	E. Fouche, Charles Picard	1900	França
Soldagem aluminotermia	Goldschmidt	1900	Alemanha
Soldagem a arco manual	Oscar Kjelberg	1907	Suécia
Soldagem por eletroescória	N. Bernardos R.K.Hopkins	1908 1940	Rússia EUA
Soldagem plasma	Schonner, R.M. Gage	1909	Alemanha
Soldagem TIG	C.L.Coffin	1920	EUA
Soldagem a arco com arame tubular	Stoody	1926	EUA
Soldagem MIG	H.M. Hobart e P.K. Devers	1930	EUA
Soldagem a arco submerso	Robinoff	1930	EUA
Soldagem MAG	Lybavski e Novoshiov	1953	URSS
Corte a laser	Peter Houldcroft	1966	Inglaterra
Soldagem a laser	Martin Adams	1970	Inglaterra
Soldagem por fricção	Wayne Thomas e outros	1991	Inglaterra

Fonte: Weman (2005, p.32) adaptado pelos autores.

A seguir serão descritos os três tipos de soldagens mais usados na indústria.

2.2.1 Soldagem a gás

Segundo Weman (2005, p.30), “a soldagem a gás com uma chama oxicombustível foi desenvolvida na França no final do século XIX. A primeira tocha apropriada para soldagem foi feita por Edmund Fouche e Charles Picard, em torno de 1900”.

A soldagem a gás é um processo através do qual os metais são soldados por meio de aquecimento com uma chama de um gás combustível e oxigênio, produzindo uma chama concentrada de alta temperatura que funde o metal base e o metal de adição, se ele for usado. (CORREIA, 2017)⁵.

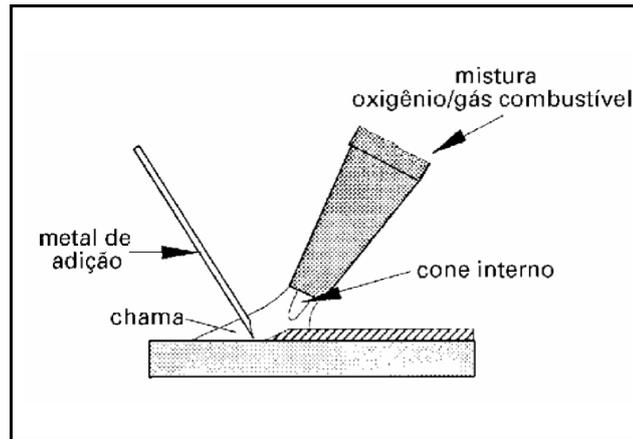
Atualmente a soldagem é o método mais utilizado e importante para a união permanente de peças metálicas (CORREIA, 2017)⁶.

O procedimento de uma solda a gás está exposto na FIG. 1 a seguir.

Figura 1 - Soldagem a gás

⁵https://docente.ifsc.edu.br/anderson.correia/MaterialDidatico/Eletromecanica/Modulo_2/Processos_de_Soldagem/Soldagem%20a%20G%C3%A1s.pdf. Acesso: 15 de out. de 2020.

⁶https://docente.ifsc.edu.br/anderson.correia/MaterialDidatico/Eletromecanica/Modulo_2/Processos_de_Soldagem/Soldagem%20a%20G%C3%A1s.pdf. Acesso: 15 de out. de 2020.

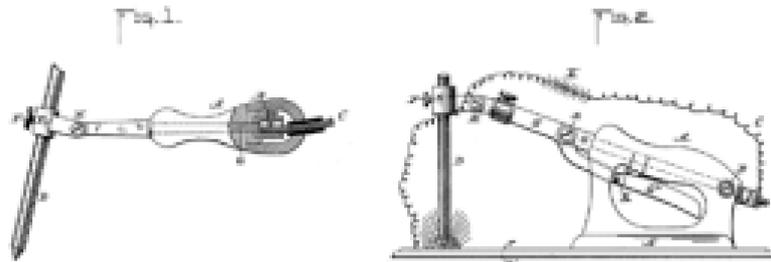


Fonte: Correia (2017, p.05).

2.2.2 Soldagem em arco

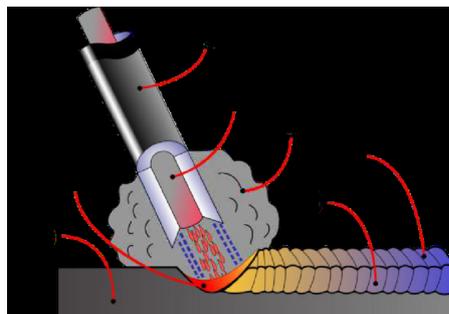
Weman (2005) explica que foi Nikolai Bernardos que apresentou o método para soldagem a arco, no qual ele gerou um arco entre um eletrodo de carvão e a peça de trabalho (FIG. 2). Uma vareta ou um arame de metal de adição poderiam ser alimentados para dentro do arco ou na poça de fusão.

Figura 2 - Método de Bernardos para soldagem com eletrodo de carvão.



Fonte: Weman (2005, p.31)

Figura 3 - Diagrama Soldagem a arco elétrico para um eletrodo revestido.

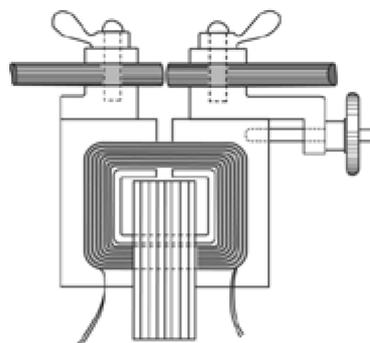


Correia (2017, p.18).

2.2.3 Soldagem por resistência

O primeiro exemplo de soldagem por resistência data de 1856, quando James Joule, conseguiu fundir e soldar um amontoado de arames de cobre através de aquecimento por resistência elétrica. As primeiras máquinas de soldagem por resistência foram usadas para soldagem de topo⁷. Elihu Thomson, dos EUA, criou o primeiro transformador⁸ de soldagem em 1886 (FIG. 3) e patenteou o processo no ano seguinte (WEMAN, 2005).

Figura 3 - Transformador de soldagem por resistência criado por Thomson.



Fonte: Weman (2005, p.30).

2.3 Processos de soldagem

Entre os processos de soldagem mais populares podemos destacar a soldagem MIG, a soldagem TIG e a solda elétrica com eletrodo revestido. Os três tipos de processos estão caracterizados abaixo.

2.3.1 Soldagem MIG

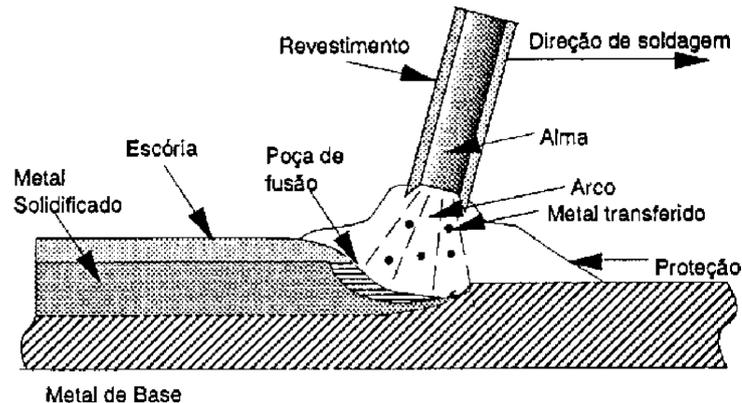
O processo de soldagem MIG é um dos mais populares tipos de solda. O termo MIG é uma sigla em inglês para "*Metal Inert Gas*" (Metal + Gás Inerte), pois a proteção do cordão de solda é obtida através de um gás inerte (Argônio), muito utilizado para soldagem de aços

⁷ Soldagem de topo - É a forma mais tradicional e utilizada de soldagem de tubos de polietileno e polipropileno, sendo aplicada, mais comumente, em tubos de $DE \geq 63$. É chamada de topo, pois os tubos são soldados face a face (de topo).

⁸ Seu transformador produzia uma potência útil de 2000A a uma tensão no vazio de 2V. Thomson desenvolveu, mais tarde, máquinas para soldagem a pontos, soldagem de costura, soldagem por projeção, soldagem de topo pela ação de faíscas (WEMAN, 2005, p.30).

como alumínio, cobre e diferentes tipos de aço inoxidáveis. Existe também a soldagem MAG, "*Metal Active Gas*" (Metal + Gás Ativo), onde um gás ativo como o CO² é utilizado ou misturado ao próprio argônio para realizar soldagem em chapas de aço carbono (CIGSOLDAS, 2018)⁹.

Figura 4 – Representação da soldagem MIG/MAG



Fonte: Unisanta (2012, p.07)

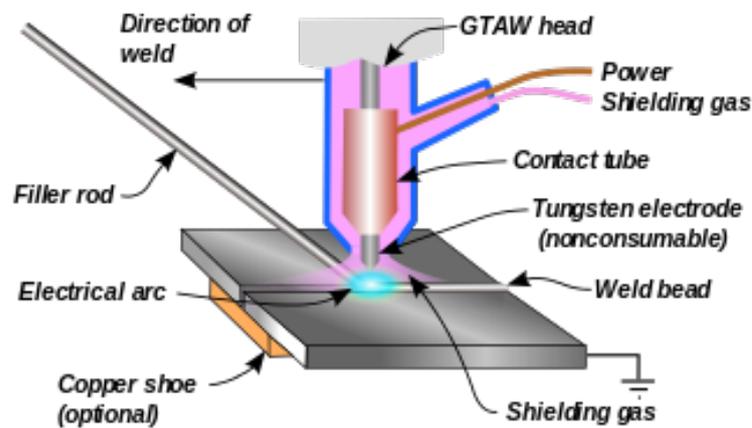
2.3.2 Soldagem TIG

Na soldagem TIG - sigla para "*Tungsten Inert Gas*" ou, simplesmente, Tungstênio + Gás Inerte, o eletrodo de tungstênio é o personagem principal e o gás utilizado é o Argônio puro. Assim como o MIG, o TIG está entre um dos principais processos de soldagem (FIG.4) (CIGSOLDAS, 2018)¹⁰.

Figura 5 – Representação da soldagem TIG.

⁹ <<http://cigsoldas.com.br/maquina-de-solda-mig/>>. Acesso: 15 de out. de 2020.

¹⁰ <<http://cigsoldas.com.br/equipamentos-para-solda/tig/>>. Acesso: 15 de out. de 2020.



Fonte: <https://images.app.goo.gl/iMUxQP9jXSAwEQEUA>

2.3.3 Solda eletrodo revestido

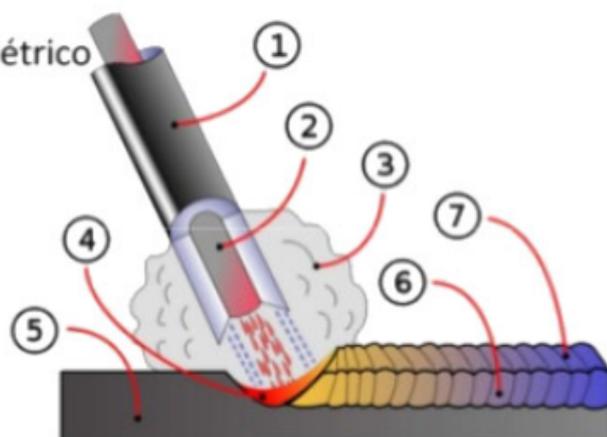
A solda elétrica com eletrodo revestido, talvez a forma mais antiga e popular de soldagem, não poderia ficar de fora dessa lista. Neste tipo de solda, o gás utilizado nos outros dois processos é substituído por um revestimento presente no próprio eletrodo criando uma "casca" (escória) em cima do cordão de solda, protegendo-o dos efeitos do oxigênio presente no ar. É muito utilizada em situações onde é preciso praticidade, como canteiros de obras, manutenção predial, residencial, manutenção em geral (CIGSOLDAS, 2018)¹¹.

Figura 6 – Representação da soldagem com Eletrodo Revestido.

Interface do Eletrodo Revestido / Metal / Arco

- Diagrama da Soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido;

1. Revestimento de Fluxo
2. Vareta (Alma)
3. Gás de proteção
4. Poça de fusão
5. Metal base
6. Metal de solda
7. Escória solidificada



Fonte: <https://images.app.goo.gl/zHHhidPo8AgCZL88>

¹¹ <<http://cigsoldas.com.br/?s=solda+eletrodo+revestido>>. />. Acesso: 15 de out. de 2020.

2.4 Vantagens e desvantagens da utilização de soldas

Segundo Stupello (2006) as principais vantagens da utilização das soldas são:

- a) Eficiência mecânica de 100% contra 80% das juntas rebitadas;
- b) Maior estanqueidade;
- c) Menor peso da estrutura e uso de mão-de-obra;
- d) Não há limite de espessura de chapas;
- e) Reduz custo final da estrutura.

A utilização da soldagem em conjunto com outros processos de fabricação permite a montagem de conjuntos com rapidez, segurança e economia de material (CORREIA, 2017).

Sendo que as suas maiores desvantagens conforme Stupello (2006) são:

- a) Maior dificuldade para inspeção;
- b) Problemas com propagação de trincas;
- c) Exige cuidados especiais na hora da escolha e manuseio dos metais de solda;
- d) Introduz tensões residuais na estrutura.

2.5 Aplicação da soldagem em construções

A soldagem pode ser aplicada em diversas áreas do cotidiano, sendo mais comum sua aplicação na construção civil, infraestrutura de energia, residencial e manutenção industrial.

- a) Construção Civil – Na construção civil, o aço estrutural é o maior utilizado e possui maior interesse. Segundo Peixoto (2012, p.16) “os aços estruturais de media e alta resistência mecânica por sua capacidade em resistir aos esforços solicitantes, ductilidade e outras propriedades”; tem larga utilização. A NBR 8800 (ABNT, 2008) estabelece que os aços para uso em estruturas devem ter a sua qualificação estrutural assegurada por norma brasileira. São amplamente utilizados nos pilares (FIG.5), vigas, as vigas secundárias, os sistemas de treliças e os contraventamentos.

Figura 7 - Detalhe colunas de aço com 5 cm de espessura



Fonte: Peixoto (2006, p.27).

- b) Infraestrutura de Energia – O processo de soldagem conhecido como Arco elétrico (TIG) vem sendo utilizado nas indústrias nucleares, químicas, aeronáuticas e de alimentos (PEIXOTO, 2012).
- c) Residencial – em princípio, todos os aparelhos eletroeletrônicos utilizam-se de soldas feitas nos equipamentos (PEIXOTO, 2012).
- d) Manutenção Industrial – O processo de soldagem conhecido como Arco elétrico (arame tubular), vem sido utilizado em diversos segmentos como o naval & offshore (empresas petrolíferas, por exemplo), construção pesada, soldagem de perfis estruturais, reparo, entre outros (PEIXOTO, 2012).

2.6 Patologias das soldagens

As patologias em ligações soldadas geralmente estão associadas a falhas durante o processo de execução e podem ser evitadas a partir do cuidado e controle durante o procedimento de soldagem (PEIXOTO, 2012).

Castro (1999) explica que os principais defeitos que ocorrem em ligações podem ser agrupados em duas categorias distintas, as patologias do cordão de solda e as patologias do conjunto da ligação. As patologias do primeiro grupo geralmente estão associadas a problemas durante o processo de soldagem, seja por falta de capacitação da mão de obra ou

por uso de equipamentos e instalações inadequados. Já as do segundo grupo, geralmente tem como causas falhas no detalhamento do projeto, fabricação e montagem das peças. Ainda podem existir as patologias de natureza acidental que são caracterizadas por fenômenos atípicos, podem ser resultados de ação de chuva e ventos de intensidade anormal, recalques estruturais e incêndios.

Conforme Peixoto (2012 , p. 45) as patologias das soldagem podem ser efeito:

Por ser uma reação natural, a corrosão é considerada a patologia mais comum que se manifesta nas construções metálicas. Mas enquanto frente ao meio ambiente a velocidade das reações pode ser extremamente baixa, ao se inserir no meio um agente agressivo há um incremento significativo nesta velocidade, acelerando o processo corrosivo e tornando-o extremamente nocivo. A deterioração do metal pelo processo corrosivo leva a perda da resistência mecânica, ductibilidade, elasticidade do metal, além de causar prejuízos de ordem estética.

2.7 Procedimentos para controle da qualidade da solda

O controle de qualidade no processo de soldagem é feito basicamente através da medição dos parâmetros que vão ser utilizados na execução de uma peça. Esses parâmetros são, por exemplo: corrente de soldagem, tensão de soldagem, velocidade de soldagem e vazão de gás.

Campos (2018, p.12) explica que:

A qualidade no processo de soldagem está diretamente atrelada ao operador, quando o processo é realizado manualmente. Com base em critérios visuais e ensaios específicos realizados em laboratório, é julgado se há ou não necessidade de mudanças dos parâmetros, materiais de consumo ou gás de proteção no processo de soldagem com vistas a qualidade deste mesmo.

Segundo Modenesi e Marques (2006) depois de ensaiados e validados, os parâmetros de produção devem ser seguidos. Eles precisam ser respeitados, pois na soldagem ocorre uma união dos materiais e essas juntas soldadas podem modificar as propriedades. Um material que foi criado para suportar a corrosão, por exemplo, pode perder essa propriedade em função da soldagem se ela for feita com os parâmetros fora da especificação pela qual foi aprovada. Por isso a importância da qualidade das soldas e da inspeção.

Para que isto aconteça, existe o Controle Estatístico de Processo (CEP) que: “é uma técnica estatística desenvolvida para medir e analisar a variabilidade dos processos. As

ferramentas mais importantes desta técnica são os gráficos de controle e os índices de capacidade, utilizados com objetivos diferentes” (OLIVEIRA *et al.* 2010, p.02).

Segundo Marques, Modenesi, Bracarense (2011, p.09):

- **Controle antes da soldagem:** análise do projeto, fornecedores, controle de recepção de consumíveis, qualificação de procedimento e de soldadores, calibração e manutenção de equipamentos de soldagem;
- **Controle durante a soldagem:** controle de armazenagem de consumíveis; preparação, montagem e ponteamto das juntas; correta execução da EPS¹²;
- **Controle após a soldagem:** END¹³ e ensaios destrutivos por amostragem (corpos de prova soldados juntamente com as peças).

Outros fatores que influenciam no controle da qualidade da soldagem são a quantidade de chapas, a espessura das chapas (que influi diretamente no tamanho do diâmetro requerido por norma para o botão de solda) e o revestimento de galvanização (OLIVEIRA *et al.* 2010).

2.8 Importância do controle de qualidade da solda

Sobre a importância de se controlar a qualidade da solda Sumig¹⁴, existem pelo menos três motivos principais que devem ser observados:

1. **Garantir a segurança das pessoas** que utilizam as peças que foram soldadas. Os itens são aplicados em carros, caminhões, aviões, trens. É preciso garantir que não ocorram acidentes e quebras de peças em meios que envolvem soldagem e que as pessoas utilizam.
2. **Certificar que o equipamento tenha resistência/aplicação** para o que foi projetado. É necessário garantir que o caminhão consiga carregar a carga sem quebrar, que a retroescavadeira consiga fazer uma terraplanagem em um buraco sem romper, que uma roda de carro não quebre ao passar pelo buraco. O controle de qualidade certifica a funcionalidade da peça.
3. **Assegurar que a empresa tenha um padrão do seu processo** e tenha uma qualidade das peças garantida. O controle na soldagem garante que a empresa sempre fabrica a peça do mesmo jeito e vai atender o que os clientes querem. Qualidade da soldagem garantida faz com que a empresa continue vendendo e seus clientes continuem comprando seus produtos.

¹² EPS - Documento no qual os valores permitidos de diversas variáveis do processo estão registrados para serem adotados, pelo soldador ou operador de soldagem, durante a fabricação de uma junta soldada.

¹³END - Os Ensaios Não Destrutivos, também conhecidos pela sigla “END” ou “NDT” do inglês para “Non Destructive Test”, são testes que podem ser realizados em diferentes etapas do processo de fabricação ou manutenção, por meio de práticas de inspeção utilizadas para o controle de qualidade.

¹⁴<<https://www.sumig.com/pt/blog/post/como-fazer-o-controle-de-qualidade-no-processo-de-soldagem>>. Acesso: 15 de out. de 2020.

O controle de qualidade pode garantir a homogeneidade das peças soldadas, resultando em um acabamento esteticamente e economicamente melhor, principalmente nos casos das empresas de produtos elétrico-eletrônicos mais vendáveis.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cada vez mais as empresas precisam aprimorar sua competitividade no ambiente da manufatura, tornando suas estruturas mais enxutas, aumentando a qualidade de seus processos e reduzindo custos.

A análise dos parâmetros aliado a literatura firmou que realmente com parâmetros corretos pode-se realizar uma soldagem com qualidade respeitando os limites de especificação sugerida, para isso o CEP (Controle Estético do Processo) torna-se uma ferramenta de grande ajuda no caso da soldagem, para manter o processo com maior qualidade possível.

O controle de qualidade pode garantir a homogeneidade das peças soldadas, resultando em um acabamento esteticamente e economicamente melhor, principalmente nos casos das empresas de produtos elétrico-eletrônicos mais vendáveis.

Um ponto também que sempre deve ser observado é o das patologias das ligações, que geralmente estão relacionados a defeitos ocasionados por falhas no projeto, falta de mão-de-obra qualificada ou equipamentos adequados, entre outros. Ressaltando ainda, que a mão-de-obra qualificada para este serviço é um investimento que evitar muitos problemas não só para as patologias, mas também em todo decurso do processo de soldagem e que ajuda a melhorar o controle de qualidade.

REFERÊNCIAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 13043**. Soldagem. Números e nomes de pessoas. 1993.

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 8800**. Projetos de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. 2008.

CIGSOLDAS- Cig Soldas. **Saiba quais são os principais processos de soldagem**. 2018. Disponível em: < <http://cigsoldas.com.br/maquina-de-solda-mig> >. Acesso: 19 de set de 2020.

CAMPOS, Leonardo Nascimento. **Controle de qualidade nos parâmetros de soldagem tig (gtaw) na fabricação de peças em aço inoxidável**. 2018. 27 F. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2018.

CASTRO, E.M.C. **Patologia dos edifícios em estrutura metálica**. 1999. 202p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1999. Disponível em: < <http://www.dc120.4shared.com/download/qKB41Sem/TeseEduardoCastro.pdf> >. Acesso: 19 de set. de 2020.

CORREIA, A. L. G.. **Soldagem a gás**. 2017. Disponível em: < https://docente.ifsc.edu.br/anderson.correia/MaterialDidatico/Eletromecanica/Modulo_2/Processos_de_Soldagem/Soldagem%20TIG.pdf > . Acesso: 06 de nov. de 2020.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos de Metodologia científica: teoria da ciência e prática da pesquisa**. 14. ed. rev. amp. Petrópolis, RJ: Vozes, 1997.

MARQUES, P. V., MODENESI, P. J., BRACARENSE, A. Q., **Soldagem**. Fundamentos e Tecnologia. 3ª edição. Editora UFMG. Belo Horizonte: 2011.

MODENESI, Paulo J., MARQUES, P. V. **Introdução aos processos de soldagem**. Universidade Federal de Minas Gerais. UFMG, Belo Horizonte: 2000.

MODENESI, Paulo J., MARQUES, P. V. **Introdução à metalurgia da soldagem**. Universidade Federal de Minas Gerais. UFMG, Belo Horizonte: 2006.

OLIVEIRA, D. F. *et al.* Reestruturação do sistema de controle de qualidade no processo de soldagem em uma empresa do setor automotivo. **INGEPRO-Inovação, Gestão e Produção**, v. 3, n. 10, p. 012-022, 2011.

PEIXOTO, D. S. L. **Patologia em elementos de ligação de estruturas metálicas**. Escola de Engenharia da UFMG. 2012.

STUPELLO, B. **Processos construtivos**. Soldagem. São Paulo: 2006.

SUMIG. (Site). **Como fazer o controle de qualidade no processo de soldagem?**2019. Disponível em:< <https://www.sumig.com/pt/blog/post/como-fazer-o-controle-de-qualidade-no-processo-de-soldagem>>. Acesso: 19 de set. de 2020.

TERRA. (Site). **A história da soldagem e sua evolução para os dias atuais**. 2018. Disponível em:<<https://www.terra.com.br/noticias/dino/a-historia-da-soldagem-e-sua-evolucao-para-os-dias-atuais,c07e70e81e9395a88218eea4301aa43bw9wbfhab.html>>. Acesso: 19 de set. de 2020.

UNISANTA. **Soldagem dos Metais**. Capítulo 1- Classificação dos processos de soldagem. 2012. Disponível em:<<https://cursos.unisanta.br/mecanica/ciclo10/CAPIT1.pdf>>. Acesso: 19 de set. de 2020.

WEMAN, K. Uma história da Soldagem. **Revista ESAB**, Contagem, MG:2005.