

RELATO DE PRÁTICA PEDAGÓGICA: Soldagem

Janaina da Costa Pereira Torres de Oliveira¹

Valmir Torres de Oliveira²

João Henrique Brandenburger Hoppe³

Dados de Identificação

Disciplina: Práticas Experimentais em Engenharia Mecânica III

Período: 9º

Curso: Engenharia Mecânica

Objetivo(s) da Ação

Elaborar relatório sintético das conclusões conceituais desenvolvidas após a prática de soldagem desenvolvida pelos discentes. A prática envolvida neste relato foi a Técnica Operatória da Soldagem SMAW (*Shielded Metal Arc Welding* – Soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido).

Nesta prática os discentes também tiveram como objetivo:

- Familiarizar-se com o arranjo e a operação do equipamento utilizado na soldagem SMAW.
- Familiarizar-se com os consumíveis utilizados e os parâmetros importantes.
- Familiarizar-se com a técnica operatória.
- Identificar as principais diferenças entre os dois processos (SMAW).

¹ Docente do UGB/FERP. Doutora em Engenharia Metalúrgica e de Materiais (USP).

² Docente do UGB/FERP. Mestre em Engenharia Metalúrgica (UFF).

³ Engenheiro Mecânico pós-graduado em Segurança do Trabalho (UniFOA).

Conteúdos Trabalhados

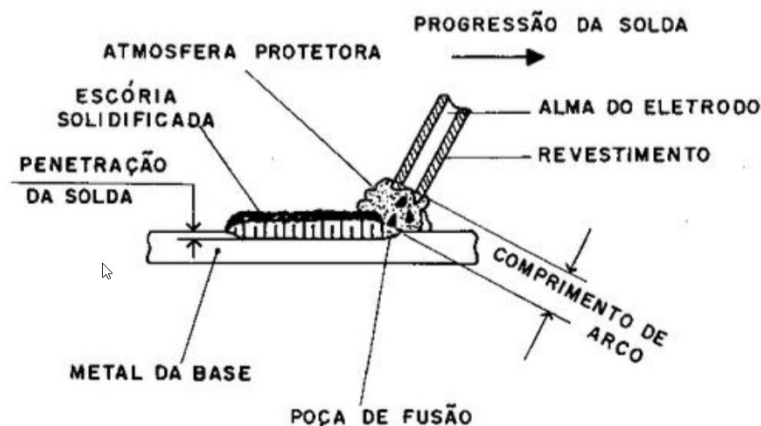
Segundo Wainer *et al.* (1992, p. 1) “denomina-se soldagem ao processo de união entre duas partes metálicas, usando uma fonte de calor, com ou sem aplicação de pressão”.

Na atualidade muitos processos de soldagem ou variações destes são usados para a deposição de material sobre uma superfície, visando à recuperação de peças desgastadas ou para a formação de um revestimento com características especiais (MARQUES, *et al.* 2017, p. 3).

A definição adotada pela Associação Americana de Soldagem (*American Welding Society – AWS*), não contribui com o aspecto conceitual da soldagem e é meramente operacional, “processo de união de materiais usados para obter a coalescência (união) localizada de metais e não metais, produzida por aquecimento até uma temperatura adequada, com ou sem a utilização de pressão e/ou material de adição” (MARQUES, *et al.* 2017, p. 3).

A soldagem com eletrodos revestidos obtém a união das peças pelo seu aquecimento localizado com um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo metálico consumível (alma), recoberto com um fluxo (eletrodo revestido), e as peças (Figura 1) (WAINER, *et al.* 1992).

Figura 1. Desenho esquemático do processo de soldagem com eletrodo revestido



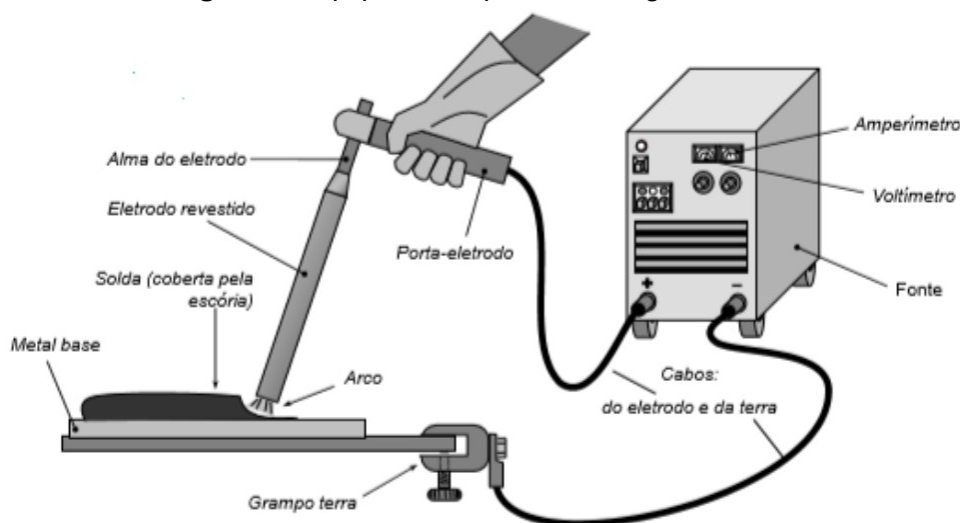
Fonte: Wainer *et al.* (1992)

O revestimento é consumido junto com o eletrodo pelo calor do arco

desempenhando uma série de funções fundamentais ao processo de soldagem como por exemplo, a estabilização do arco, a proteção do metal fundido pela formação de escória e de gases e a adição de elementos de liga e de desoxidantes à poça de fusão (MARQUES, *et al.* 2017).

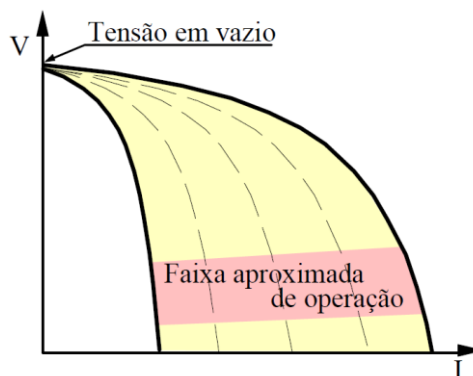
Os equipamentos e materiais de um posto de soldagem com eletrodos revestidos compreendem, em geral: mesa de soldagem, fonte de energia (CC ou CA) com controle do nível de corrente de soldagem, cabos, porta-eletrodo, eletrodos, ferramentas e material de segurança (Figura 2). A fonte de energia pode apresentar diversas variações, em termos de projeto e características operacionais, de acordo com o seu fabricante e capacidade. Contudo, esta deve ter uma saída do tipo corrente constante com capacidade e tipo de corrente adequados para os eletrodos utilizados (Figura 3). Os cabos, o porta-eletrodo e a lente de proteção também devem estar adequados para o nível de corrente utilizado (CARRARO, 2017).

Figura 2. Equipamento para a soldagem SMAW



Fonte: Carraro (2017)

Figura 3. Curvas de saída tensão (V) x corrente (I) típica de uma fonte para soldagem com eletrodos revestidos



Fonte: Marques *et al.* (2017)

A correta seleção dos parâmetros de soldagem é essencial para a obtenção de uma junta soldada de qualidade. O termo parâmetro de soldagem abrangerá nesta prática todas as características do processo de soldagem necessárias para a execução de uma junta soldada de tamanho, forma e qualidade desejados que são selecionadas pelo responsável que faz a especificação do procedimento de soldagem. Na soldagem manual com eletrodos revestidos, estas características compreendem, entre outras, o tipo e diâmetro do eletrodo, o tipo, a polaridade e o valor da corrente de soldagem, a tensão e o comprimento do arco, a velocidade de soldagem e a técnica de manipulação do eletrodo (WAINER, *et al.* 1992).

Para um dado tipo de eletrodo, o seu diâmetro define a faixa de corrente em que este pode ser usado. A seleção deste diâmetro para uma dada aplicação depende de fatores sensíveis à corrente de soldagem, como a espessura do material (Tabela 1) e a posição de soldagem, e de fatores que controlam a facilidade de acesso do eletrodo ao fundo da junta, como o tipo desta e o chanfro aplicado (MARQUES, *et al.* 2017).

Tabela 1. Relação aproximada entre a espessura da peça (e) e o diâmetro (d) recomendado do eletrodo para a deposição de cordões na posição plana sem chanfro

e (mm)	1,5	2	3	4-5	6-8	9-12	< 12
d (mm)	1,6	2	2-3	2-4	2-5	3-5	3-6

Fonte: Marques *et al.* (2017)

A soldagem fora da posição plana exige, em geral, eletrodos de diâmetro menor do que os usados na posição plana devido à maior dificuldade de se controlar a poça de fusão. Na soldagem em chanfro, as variáveis deste são muito importantes para a escolha do diâmetro do eletrodo. Por exemplo, na execução do passe de raiz, o diâmetro do eletrodo deve permitir que este atinja a raiz da junta minimizando a chance de ocorrência de falta de penetração e de outras descontinuidades nesta região. Em princípio, para garantir uma maior produtividade ao processo, deve-se utilizar, em uma dada aplicação, eletrodos com o maior diâmetro possível (e a maior corrente) desde que não ocorram problemas com a geometria do cordão ou com as suas características metalúrgicas (WAINER, *et al.* 1992).

Para um dado diâmetro de eletrodo, a faixa de corrente em que este pode ser usado depende do tipo e da espessura do seu revestimento. A Quadro 1 ilustra faixas usuais de corrente em função do diâmetro para eletrodos celulósicos, rutilícos e básicos. O valor mínimo de corrente é, em geral, determinado pelo aumento da instabilidade do arco, o que torna a soldagem impossível, e o valor máximo, pela degradação do revestimento durante a soldagem devido ao seu aquecimento excessivo por efeito Joule. A forma ideal de se obter a faixa de corrente para um eletrodo é através da consulta do certificado do eletrodo emitido por seu fabricante (MARQUES, *et al.* 2017).

Quadro 1. Tipo e faixa de corrente ilustrativa para diferentes eletrodos revestidos

Tipo de Eletrodo	Tipo de corrente	Bitola (mm)	Faixa de corrente (A)	
			Mínimo	Máximo
E6010 Celulósico	CC+	2,5	60	80
		3,2	80	140
		4,0	100	180
		5,0	120	250
E6013 Rutilíco	CA \geq 50A CC+ ou -	2,5	60	100
		3,2	80	150
		4,0	105	205
		5,0	155	300
E7018 Básico	CA \geq 70A CC+	2,5	65	105
		3,2	110	150
		4,0	140	195
		5,0	185	270

Fonte: Adaptado de Marques *et al.* (2017)

Na soldagem manual, o controle do comprimento do arco é feito pelo soldador,

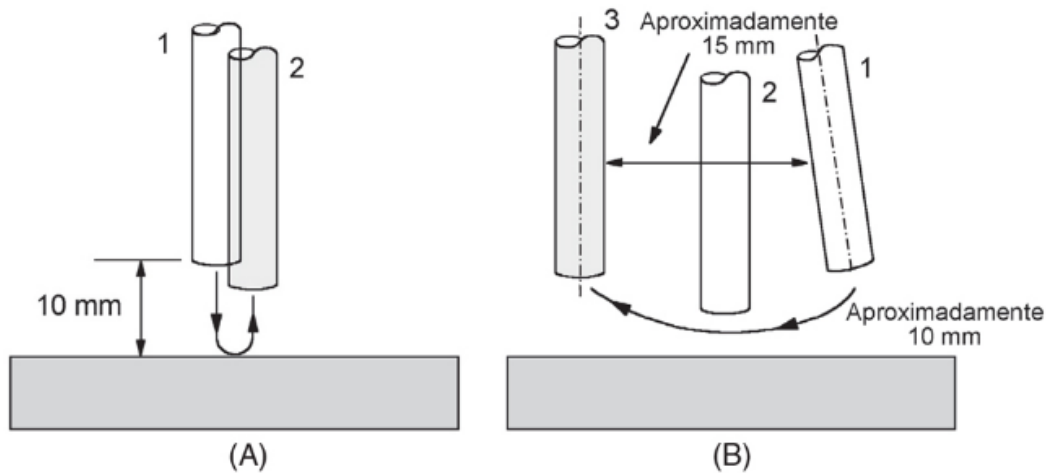
refletindo, assim, a habilidade, conhecimento e experiência deste. A manutenção de um comprimento do arco adequado é fundamental para a obtenção de uma solda aceitável. Um comprimento muito curto causa um arco intermitente, com interrupções frequentes, podendo ser extinto, “congelando” o eletrodo na poça de fusão. Por outro lado, um comprimento muito longo causa um arco sem direção e concentração, muitos respingos e proteção deficiente. O comprimento do arco correto em uma aplicação depende do diâmetro do eletrodo, do tipo de revestimento, da corrente e da posição de soldagem. Como regra geral, pode-se considerar que o comprimento ideal do arco varie entre 0,5 e 1,1 vezes o diâmetro do eletrodo (MARQUES, *et al.* 2017).

A velocidade de soldagem deve ser escolhida de forma que o arco fique ligeiramente à frente da poça de fusão. Uma velocidade muito alta resulta em um cordão estreito com um aspecto superficial inadequado, com mordeduras e escória de remoção mais difícil. Velocidades muito baixas resultam em um cordão largo, convexidade excessiva e eventualmente de baixa penetração (WAINER, *et al.* 1992).

A manipulação correta do eletrodo é fundamental em todas as etapas da execução da solda, isto é, na abertura do arco, na deposição do cordão e na extinção do arco (WAINER, *et al.* 1992).

Para a abertura do arco, o eletrodo é rapidamente encostado e afastado da peça em uma região que será refundida durante a soldagem e fique próxima ao ponto inicial do cordão (Figura 4). A abertura fora de uma região a ser refundida pode deixar na peça, pequenas áreas parcialmente fundidas, com tendência a serem temperadas e de alta dureza. Este tipo de defeito é conhecido como “marca de abertura do arco”. Além de seu aspecto pouco estético, estas áreas podem originar trincas em aços mais temperáveis (MARQUES, *et al.* 2017). O agarramento do eletrodo na superfície da peça é comum em tentativas de abertura do arco por soldadores menos experientes. Neste caso, o eletrodo pode ser removido com um rápido movimento de torção da ponta do eletrodo. Caso este movimento não seja suficiente, a fonte deve ser desligada ou o eletrodo separado do porta-eletrodo (menos recomendável) e, então, removido com auxílio de uma talhadeira.

Figura 4. Técnicas para a abertura do arco



Fonte: Marques *et al.* (2017)

Durante a deposição do cordão, o soldador deve executar três movimentos principais (MARQUES, *et al.* 2017):

- 1) Movimento de mergulho do eletrodo em direção à poça de fusão de modo a manter o comprimento de arco constante. Para isto, a velocidade de mergulho deve ser igualada à velocidade de fusão do eletrodo, a qual depende da corrente de soldagem.
- 2) Translação do eletrodo ao longo do eixo do cordão com a velocidade de soldagem. Na ausência do terceiro movimento (tecimento), a largura do cordão deve ser cerca de 2 a 3 mm maior do que o diâmetro do eletrodo quando uma velocidade de soldagem adequada é usada.
- 3) Deslocamento lateral do eletrodo em relação ao eixo do cordão (tecimento). Este movimento é utilizado para se depositar um cordão mais largo, fazer flutuar a escória, garantir a fusão das paredes laterais da junta e para tornar mais suave a variação de temperatura durante a soldagem. O tecimento deve ser, em geral, restrito a uma amplitude inferior a cerca de 3 vezes o diâmetro do eletrodo.

Grande parte da qualidade de uma solda dependerá do perfeito domínio, pelo soldador, da execução destes movimentos (WAINER, *et al.* 1992). Além disso, é importante um posicionamento correto do eletrodo em relação à peça. Este posicionamento varia com o tipo e espessura do revestimento, com as características

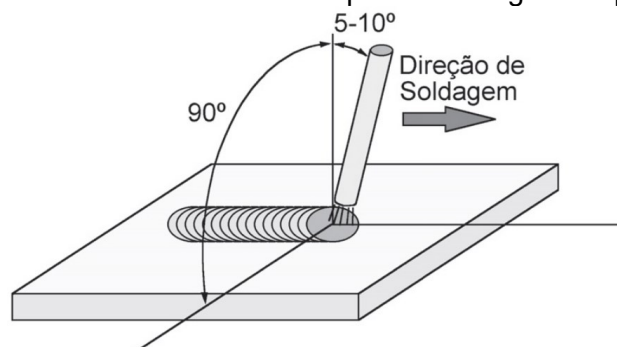
da junta e a posição de soldagem e tem como objetivos:

- Evitar que a escória flua à frente da poça de fusão, o que facilitaria o seu aprisionamento na solda;
- Controlar a repartição de calor nas peças que compõem a junta (importante na soldagem de juntas formadas por peças de espessuras diferentes);
- Facilitar a observação da poça de fusão; e
- Minimizar os efeitos do sopro magnético (quando presente).

Para se interromper a soldagem, o eletrodo é simplesmente afastado da peça, apagando-se o arco. Entretanto, para se evitar a formação de uma cratera muito pronunciada, o eletrodo deve ser mantido parado sobre a poça de fusão por algum tempo permitindo o seu enchimento antes da interrupção do arco. Para se evitar desperdício, procura-se, sempre que possível consumir o máximo do eletrodo, não se aproveitando apenas cerca de 25 mm de comprimento de sua parte final. Após uma interrupção, a escória deve ser removida e limpa pelo menos na região em que a soldagem será continuada. Ao final da soldagem, o restante da escória é removido e a solda inspecionada visualmente para a detecção de eventuais descontinuidades (WAINER, *et al.* 1992).

Nesta prática foi utilizado o posicionamento do eletrodo na posição plana (Figura 5).

Figura 5. Posicionamento do eletrodo para a soldagem na posição plana



Fonte: Marques *et al.* (2017)

Procedimentos

Todos os equipamentos utilizados fazem parte do Laboratório da Engenharia Mecânica do Centro Universitário Geraldo di Biase (UGB). Os passos para execução dessa prática foram:

- Inicialmente, os discentes, o professor e o instrutor discutiram os objetivos, a parte teórica e a metodologia do trabalho. O instrutor mostrou o equipamento a ser usado e demonstrou o seu funcionamento. As regras de segurança foram lembradas. Os eletrodos a serem usados e suas características foram também discutidos;
- O ajuste do equipamento foi feito pelo instrutor, com o acompanhamento dos discentes, de acordo com o eletrodo escolhido;
- A variação dos parâmetros de processo foi executada;
- Ao final da prática, os discentes, professor e o instrutor discutiram os resultados;
- Foi gerado pelos discentes o relatório da prática de soldagem, individualmente.

Resultados

A Figura 6 apresenta os equipamentos do Laboratório Mecânico utilizados nesta prática: máquina de solda, cabos, bancada, eletrodos e exaustor de fumos da soldagem. A junta de solda foi a de topo, isto é, sem chanfro, pois para espessura da chapa utilizada não é necessário o chanfro.

Figura 6. Equipamentos



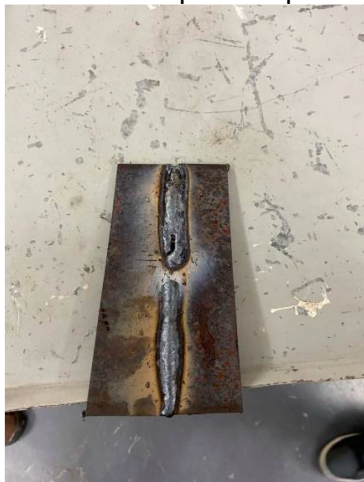
Fonte: Os Autores

Figura 7. Cordão De Solda Sem A Remoção Da Escória



Fonte: Os Autores

Figura 8. Cordão de solda sem escória parte superior



Fonte: Os Autores

Figura 9. Cordão De Solda Com Inclusão De Escória



Fonte: Os Autores

Figura 10. Parte inferior da solda, trechos com penetração parcial



Fonte: Os Autores

A solda executada teve variação de velocidade e altura (distância do eletrodo até a junta a ser soldada), o que ocasionou uma solda com largura do cordão de solda em alguns trechos maior, penetração total e parcial, zona termicamente afetada (ZTA) variada, inclusão de escória e respingos (Figuras 7 a 11).

A prática de soldagem permitiu, aos discentes, adquirir conhecimento de diversos aspectos e o esclarecimento da soldagem, equipamentos e materiais. Eles também evoluíram no conhecimento do processo de soldagem com eletrodo revestido, e as várias funções de um eletrodo que estabelece o arco e fornece o metal de adição para que ocorra a solda e o revestimento.

Referências

CARRARO, Gabriel. **Avaliação da eficiência térmica do processo de soldagem por eletrodos revestidos.** (2017). Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, 2017.

MARQUES, Paulo Villani; MODENESI, Paulo José; BRACARENSE, Alexandre Queiroz. **Soldagem: Fundamentos e Tecnologia.** 4ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

WAINER, Emílio; BRANDI, Sérgio Duarte; MELLO, Fábio Décourt Homem de. **Soldagem: processos e metalurgia.** São Paulo: Blucher, 1992.