

## Trabalho Prático Nº: ..... Técnica Operatória da Soldagem SMAW

### 1. Objetivos:

- Familiarizar-se com o arranjo e a operação do equipamento utilizado na soldagem manual com eletrodos revestidos.
- Familiarizar-se com os consumíveis utilizados e o procedimento para a seleção de parâmetro de soldagem.
- Familiarizar-se com a técnica operatória.

### 2. Revisão:

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

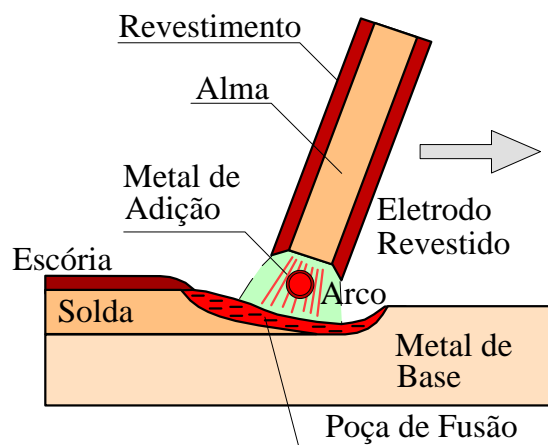


Figura 1 – Região do arco na soldagem GMAW.

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 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 adequados para o nível de corrente utilizado.

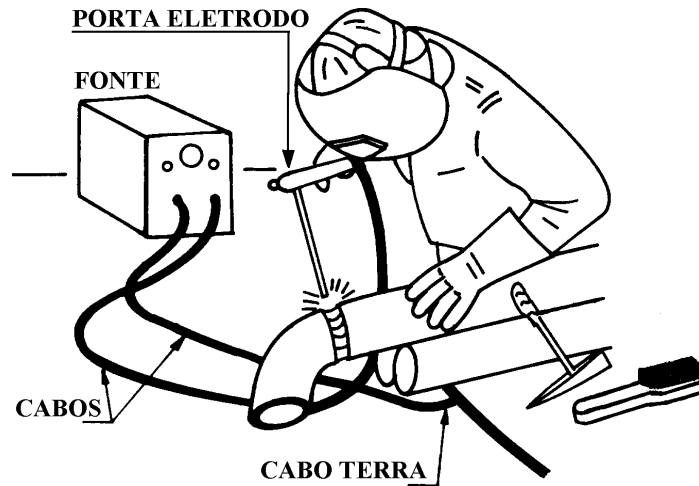


Figura 2 – Equipamento para a soldagem GMAW

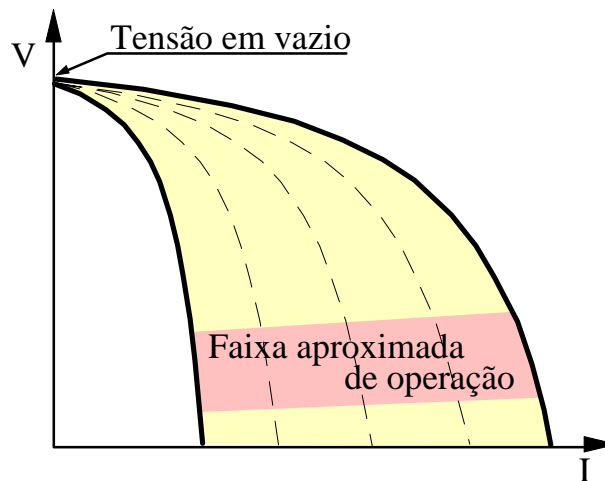


Figura 3 - Curvas de saída tensão (V) x corrente (I) típica de uma fonte para soldagem com eletrodos revestidos.

A correta seleção dos parâmetros de soldagem é essencial para a obtenção de uma junta soldada de qualidade. O termo *parâmetro de soldagem* abrangerá neste documento 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 pela 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.

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 o e chanfro sendo usado.

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

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 discontinuidades 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.

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 tabela 2 ilustra faixas usuais de corrente em função do diâmetro para eletrodos celulósicos, rútlícos 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.

Tabela 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 Rútlíco	CA ≥ 50A CC+ ou -	2,5	60	100
		3,2	80	150
		4,0	105	205
		5,0	155	300
E7018 Básico	CA ≥ 70A CC+	2,5	65	105
		3,2	110	150
		4,0	140	195
		5,0	185	270

Para a soldagem vertical e sobre-cabeça, a corrente de soldagem deve ser inferior à usada na posição plana, situando-se na porção inferior da faixa de corrente recomendada pelo fabricante. A corrente de soldagem deve ser escolhida de modo a se conseguir uma fusão e penetração adequadas da junta sem, contudo, tornar difícil o controle da poça de fusão.

Uma maior corrente de soldagem aumenta a taxa de fusão do eletrodo, o volume da poça de fusão, a penetração e a largura do cordão.

O tipo de corrente e a sua polaridade afetam a forma e as dimensões da poça de fusão, a estabilidade do arco e o modo de transferência de metal de adição (figura 4). Em geral, a soldagem manual com polaridade inversa produz uma maior penetração enquanto que, com polaridade direta, a penetração é menor, mas a taxa de fusão é maior. Com corrente alternada, a penetração e a taxa de fusão tendem a ser intermediárias, mas a estabilidade do processo pode ser inferior. Por outro lado, a soldagem com CA apresenta menos problemas de sopro magnético, sendo melhor para a soldagem com eletrodos e correntes maiores. Deve-se lembrar, também, que nem todo tipo de eletrodo permite o uso de diferentes tipos de corrente e polaridade (ver, como um exemplo, os tipos mostrados na tabela 4).

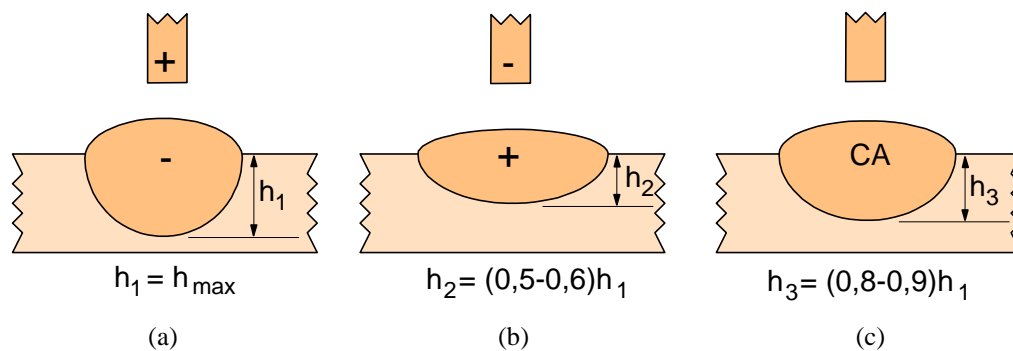


Figura 4 – Influência da polaridade e do tipo de corrente na penetração: (a) Polaridade inversa (CC+), (b) polaridade direta (CC-) e (c) corrente alternada (CA).

A tensão do arco varia entre cerca de 18 e 36V dependendo do tipo de eletrodo, das características de seu revestimento, do valor da corrente e do comprimento do arco. Maiores valores de diâmetro, corrente e do comprimento do arco implicam em um aumento da tensão.

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, um grande número de 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 o comprimento ideal do arco varie entre 0,5 e 1,1 vezes o diâmetro do eletrodo.

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.

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.

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 5). 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. 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, o fonte deve ser desligada ou o eletrodo separado do porta eletrodo (menos recomendável) e, então, removido com auxílio de uma talhadeira.

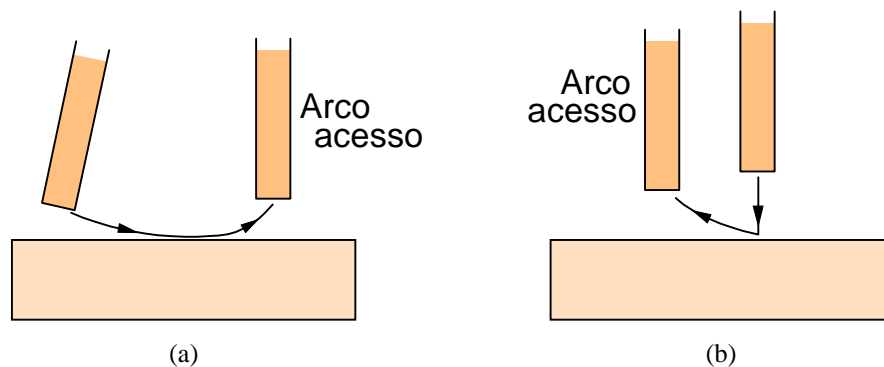


Figura 5 – Técnicas para a abertura do arco.

Durante a deposição do cordão, o soldador deve executar três movimentos principais:

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 3mm maior 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. O número de padrões de tecimento é muito grande, alguns exemplos são ilustrados na figura 6.

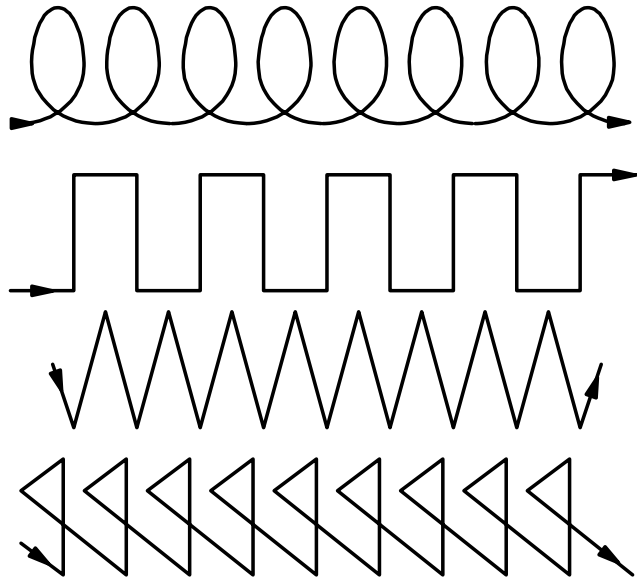


Figura 6 – Exemplos de padrões de tecimento.

Grande parte da qualidade de uma solda dependerá do perfeito domínio, pelo soldador, da execução destes movimentos. 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).

O posicionamento do eletrodo e sua movimentação em uma aplicação dependerão das características desta e da experiência do próprio soldador. As figuras 7 a 11 mostram alguns exemplos.

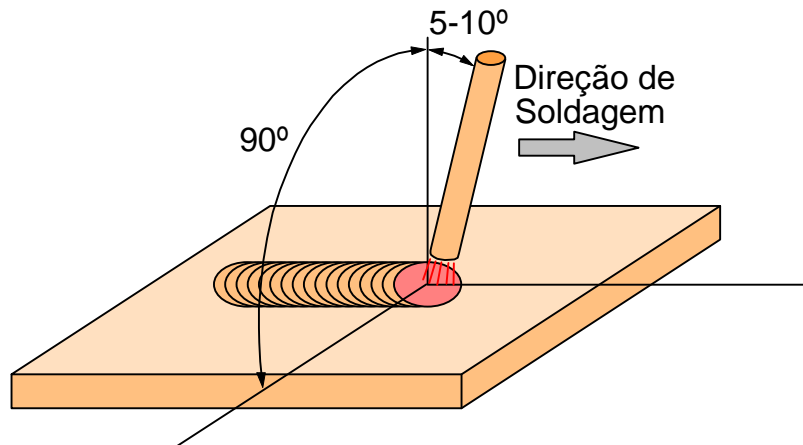


Figura 7 – Posicionamento do eletrodo para a soldagem na posição plana.

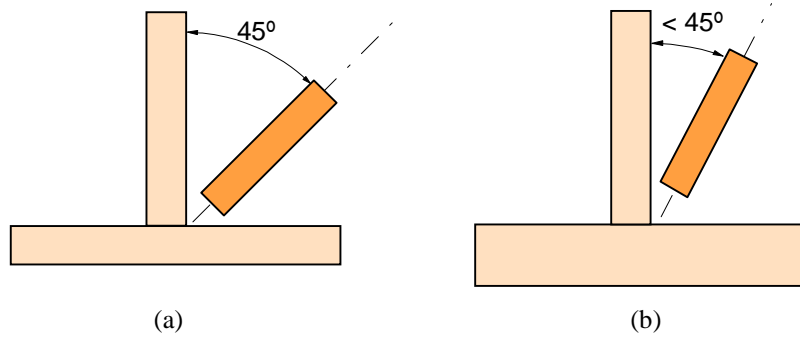


Figura 8 – Posicionamento para a soldagem de juntas em T de (a) chapas da mesma espessura e (b) chapas de espessuras diferentes.

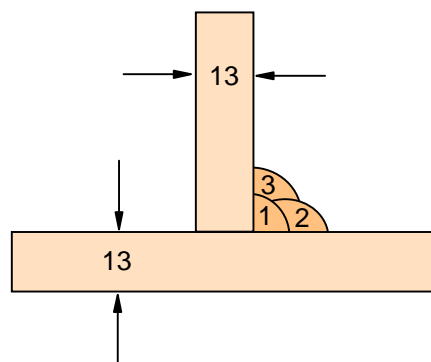


Figura 9 – Sequência de deposição de passes na soldagem de uma junta em T

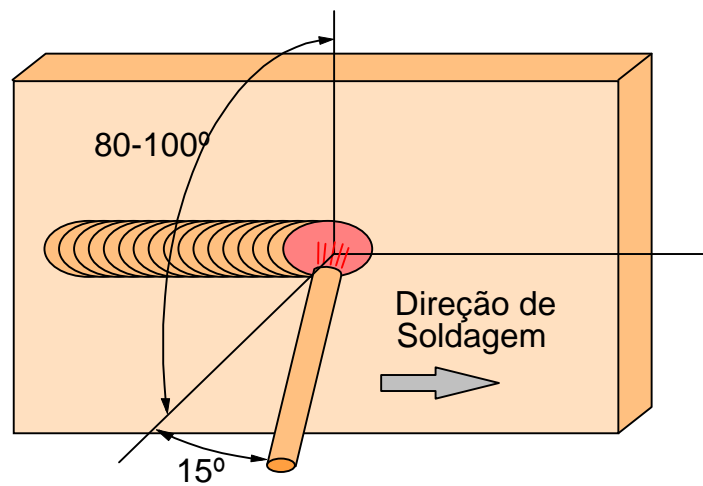


Figura 10 – Posicionamento recomendado para a execução de uma solda de filete.

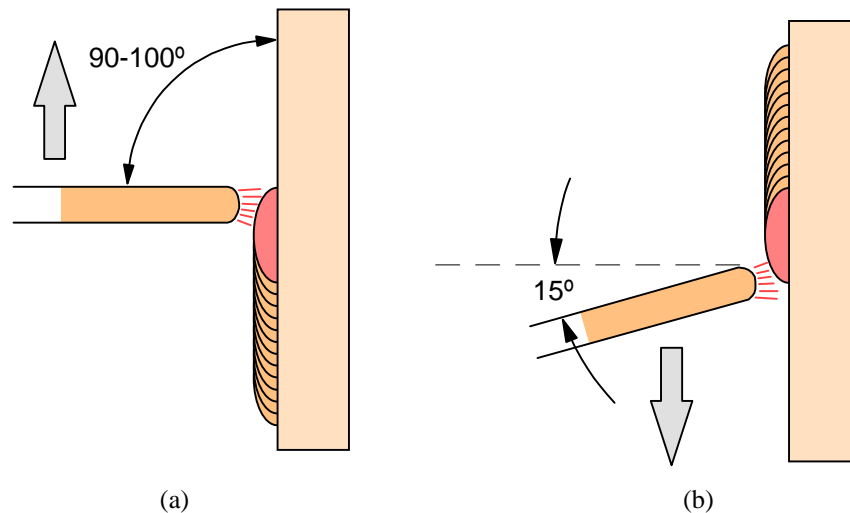


Figura 11 – Posicionamento do eletrodo para a soldagem nas posição vertical (a) ascendente e (b) descendente..

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 25mm 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 discontinuidades.

### 3. Procedimento:

- Inicialmente, os alunos e o instrutor discutem os objetivos, a parte teórica e a metodologia do trabalho. O instrutor mostra o equipamento a ser usado e demonstra o seu funcionamento. As regras de segurança são relembradas. Os eletrodos a serem usados e suas características são também discutidos.
- Os alunos ajustam o equipamento de acordo com o eletrodo escolhido e treinam, em chapas de aço na posição plana, a manutenção do comprimento do arco e a sua extinção sem transladar o eletrodo (figura 12).
- Os alunos treinam a realização de cordões na posição plana, com e sem tecimento.
- Os alunos treinam a realização de cordões em outras posições de soldagem.
- Os alunos variam os parâmetros de soldagem (principalmente o tipo, polaridade e valor da corrente de soldagem) e observam a sua influência na soldagem. Eletrodos de diferentes classes e diâmetros são avaliados.
- Ao final do trabalho, os alunos e o instrutor discutem os resultados.



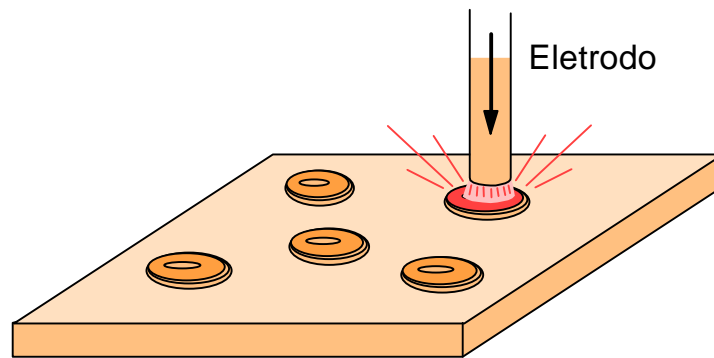


Figura 12 – Treinando a abertura e manutenção do arco.

#### 4. Resultados e Discussão:

Escreva em uma folha separada os aspectos mais importantes deste trabalho, suas conclusões e sugestões. Responda também às questões do item 5.

#### 5. Questões:

1. Cite algumas precauções básicas de segurança na soldagem com eletrodos revestidos.
2. Discuta as características dos diferentes eletrodos usados neste trabalho.
3. Discuta o efeito da alteração dos parâmetros de soldagem nas características operacionais e no aspecto dos cordões de solda depositados neste trabalho.
4. Em sua opinião, quais as características necessárias a uma pessoa que deseje se tornar um soldador? Quais as dificuldades iniciais que esta pessoa encontrará e como superá-las?

#### Bibliografia:

1. GETMANETS, S.M., **Arc Welding Technology – for Carbon and Low Alloy Steels** Kiev (Ucrânia), Naukova Dumka, 1983.
2. QUITES, A.M., DUTRA, J.C., **Tecnologia da Soldagem a Arco Voltáico**, Florianópolis, EDEME, 1979, pp. 129-171.
3. SMITH, D., **Welding – Skills and Technology**, Nova Iorque, Mc Graw-Hill, 1984, pp. 364-419.
4. MARQUES, P.V., **Tecnologia da Soldagem**, Belo Horizonte, O Lutador, 1991, pp. 133-171.