



# COMPARAÇÃO DOS EFEITOS DA POLARIDADE DA CORRENTE DE SOLDAGEM NA PENETRAÇÃO E GEOMETRIA DA SOLDA UTILIZANDO SOLDAGEM PROCESSO ELETRODO REVESTIDO E6013 E E6010

COMPARISON STUDY OF THE EFFECTS OF WELDING CURRENT POLARITY ON WELD PENETRATION AND GEOMETRY USING E6013 AND E6010 COATED ELECTRODE WELDING PROCESSES

**RENAN RODRIGUES DE FARIA** | [renan.faria@fatec.sp.gov.br](mailto:renan.faria@fatec.sp.gov.br) | Fatec Pindamonhangaba/SP

**MARCO ANTÔNIO AIRES PEREIRA RIBEIRO** | [marco.Ribeiro@fatec.sp.gov.br](mailto:marco.Ribeiro@fatec.sp.gov.br) | Fatec Pindamonhangaba/SP

**EDILON DE OLIVEIRA FRANÇA** | [edilon.franca@fatec.sp.gov.br](mailto:edilon.franca@fatec.sp.gov.br) | Fatec Pindamonhangaba/SP

## RESUMO

O processo de soldagem com eletrodo revestido tem muito destaque na área industrial por sua versatilidade e baixo custo operacional, desta forma, faz-se necessário o conhecimento das influências de cada tipo de revestimento de eletrodo e os efeitos da polaridade da corrente na geometria e penetração da solda. Este trabalho tem como objetivo investigar a influência da polaridade da corrente elétrica nos parâmetros geométricos do cordão de solda, utilizando os eletrodos revestidos E6010 (Celulósico) e E6013 (Rutílico) no processo de soldagem por arco elétrico com eletrodo revestido (SMAW). Foram realizadas soldagens em chapas de aço A36 sob diferentes condições de corrente: contínua com Polaridade Direta (DCEN), Polaridade Inversa (DCEP) e Corrente Alternada (CA). As amostras foram preparadas por metalografia, submetidas a ataque químico e caracterizadas por estereoscopia e análise digital de imagens para mensuração da profundidade de penetração, altura e largura dos cordões. Os resultados demonstraram que a polaridade inversa promove maior penetração e largura do cordão, especialmente com o eletrodo E6010, evidenciando a maior eficiência térmica associada à concentração de calor no metal base. Já o eletrodo E6013 apresentou maior altura do cordão, indicando menor taxa de penetração e maior acúmulo superficial do metal depositado. Conclui-se que a escolha adequada da polaridade da corrente e do tipo de eletrodo revestido influencia significativamente o aporte térmico, a taxa de fusão e a geometria final da junta soldada, sendo fatores determinantes para aplicações com requisitos específicos de penetração e integridade estrutural.

**Palavras-chave:** Polaridade Direta. Polaridade Inversa. Altura da solda. Eletrodo Revestido. Soldagem Arco Elétrico.

## ABSTRACT

The coated electrode welding process is highly regarded in the industrial sector due to its versatility and low operating costs. Therefore, it is necessary to understand the influence of each electrode coating type and the effects of current polarity on weld geometry and penetration. This study aims to investigate the influence of current polarity on weld bead geometric parameters using E6010 (Cellulosic) and E6013 (Rutile) coated electrodes in the coated electrode arc welding (SMAW) process. Welds were performed on A36 steel plates under different current conditions: direct current with direct polarity (DCEN), reverse polarity (DCEP), and alternating current (AC). The samples were prepared by metallography, subjected to chemical etching, and characterized by stereoscopy and digital image analysis to measure penetration depth, bead height, and width. The results demonstrated that reverse polarity promotes greater penetration and bead width, especially with the E6010 electrode, demonstrating the higher thermal efficiency associated with heat concentration in the base metal. The E6013 electrode, on the other hand, presented a higher bead height, indicating a lower penetration rate and greater surface accumulation of the weld metal. It is concluded that the appropriate selection of current polarity and coated electrode type significantly influences the heat input, fusion rate, and final geometry of the weld joint, being determining factors for applications with specific penetration and structural integrity requirements.

**Keywords:** Direct Polarity. Reverse Polarity. Weld Height. Coated Electrode. Electric Arc Welding.

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com Martins (2022), a soldagem é um dos métodos mais amplamente empregados na união de materiais metálicos, destacando-se por sua flexibilidade de aplicação, custo relativamente baixo e simplicidade operacional. Entre os processos de soldagem por arco elétrico, sobressaem-se os métodos MIG (Metal Inert Gas) e MAG (Metal Active Gas), que utilizam um arame maciço com revestimento de cobre alimentado por uma bobina. A proteção da poça de fusão é assegurada por gases de natureza inerte, como argônio, hélio ou hidrogênio, ou ainda por gases ativos, como o dióxido de carbono puro ou misturas de argônio com CO<sub>2</sub>. Já na soldagem com eletrodo revestido, o consumível é composto por uma alma metálica de aço carbono recoberta por um material que, ao se decompor com o calor do arco, libera gases de proteção e contribui para as propriedades mecânicas do cordão de solda.

Os eletrodos revestidos são agrupados conforme o tipo de revestimento: básico, rutílico, celulósico e ácido. O eletrodo rutílico mais utilizado comercialmente é o AWS E6013, que apresenta limite de resistência à tração de aproximadamente 414 MPa e pode ser empregado em qualquer posição de soldagem, pois proporciona arco estável, baixo índice de respingos e cordão com boa aparência superficial, embora apresente penetração reduzida (Da Silva Filho, 2025).

Por sua vez, o eletrodo celulósico AWS E6010, que possui resistência mecânica equivalente, apresenta penetração superior e é amplamente aplicado na execução de passes de raiz em soldagens de tubulações (Coelho, 2019).

Esta pesquisa visa estudar os valores de penetração e diluição de cada tipo de corrente e verificar a contribuição dos revestimentos E6013 e E6010. Nos processos de soldagem a arco elétrico, quando se utiliza corrente contínua, há distinção entre polo positivo e negativo na fonte de energia. Na corrente alternada, essa polaridade se inverte cicличamente a uma frequência de 60 hertz, não havendo fixação de polos. Em corrente contínua, a polaridade direta (ou corrente negativa) ocorre quando o polo negativo é conectado ao porta-eletrodo e o positivo à peça, resultando em menor penetração e diluição.

Na polaridade inversa (ou corrente positiva), o porta-eletrodo é ligado ao polo positivo e a peça ao negativo, proporcionando penetração e diluição mais elevadas. A corrente alternada, por sua vez, oferece valores intermediários entre as duas condições (Silva, 2017).

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

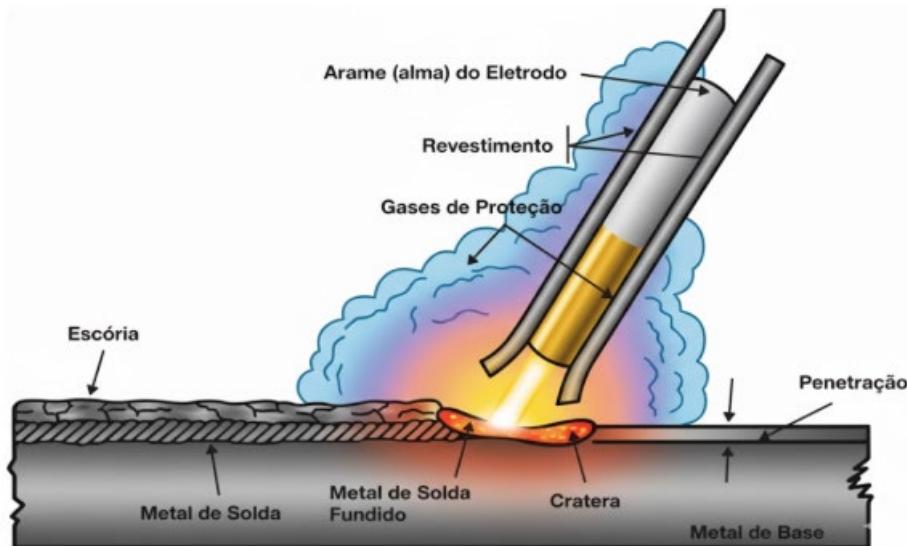
### 2.1 Soldagem por Eletrodos Revestidos (SMAW)

Conforme descrito por Martins (2022), o processo de soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido (SMAW – *Shielded Metal Arc Welding*) baseia-se na formação de um arco elétrico entre a ponta do eletrodo metálico consumível e a superfície do material base. A intensa densidade de corrente no arco ocasiona a fusão localizada tanto do metal de base quanto do metal de adição presente na alma do eletrodo e dos elementos que compõem o revestimento.

Diversos fatores operacionais exercem influência significativa sobre a qualidade final do cordão de solda, entre eles o tipo e o diâmetro do eletrodo, a polaridade de ligação, a intensidade de corrente empregada, a velocidade de deslocamento, a tensão do arco, a posição de soldagem, a profundidade de penetração e a sequência de deposição dos passes. O controle da tensão do arco apresenta limitações, uma vez que a distância entre o eletrodo e a peça é ajustada manualmente, o que reduz a precisão do processo (Benevides *et al.*, 2025). A transferência das gotas metálicas está fortemente associada às variações do comprimento do arco, de modo que o aumento da corrente de soldagem requer elevação proporcional da tensão para preservar a estabilidade da operação (Modenesi; Marques; Santos, 2025).

Ao mesmo tempo, a escória fundida, menos densa, sobe à superfície, formando uma camada protetora que impede a reoxidação do cordão metálico durante as etapas de solidificação e resfriamento. Durante a transferência do metal fundido, as pequenas gotas atravessam o plasma do arco e se depositam na poça de fusão, sendo protegidas por uma atmosfera redutora originada pela decomposição térmica do revestimento ilustrado na Figura 1.

**Figura 1 |** Representação da poça de fusão em um processo de soldagem SMAW



Fonte: Martins (2022).

Conforme Modenesi, Marques e Santos (2025), o arco elétrico atua como uma fonte de calor extremamente eficiente na fusão de metais durante o processo de soldagem com eletrodo revestido (SMAW – *Shielded Metal Arc Welding*). Essa eficiência decorre da alta concentração de energia térmica gerada e do custo relativamente reduzido dos equipamentos utilizados. O sistema de soldagem emprega uma fonte de corrente do tipo constante, o que assegura maior estabilidade operacional, uma vez que eventuais variações no comprimento do arco não provocam mudanças expressivas na intensidade da corrente elétrica aplicada.

O processo de soldagem a arco elétrico com eletrodo revestido (SMAW – *Shielded Metal Arc Welding*) destaca-se por sua ampla utilização na indústria metalmecânica, sendo aplicável a diferentes ligas metálicas e condições de trabalho (Cunha *et al.*, 2021).

Essa versatilidade demanda que os revestimentos dos eletrodos sejam cuidadosamente desenvolvidos de acordo com as necessidades específicas de cada aplicação, uma vez que influenciam diretamente as propriedades metalúrgicas, mecânicas e operacionais das juntas soldadas.

Os principais tipos de revestimento incluem os de natureza rutílica, básica, celulósica e ácida, que se distinguem quanto à composição química, estabilidade do arco, nível de penetração, facilidade de remoção da escória e desempenho em variadas posições de soldagem. Tais características são determinantes para a tenacidade, ductilidade e resistência mecânica do metal depositado (Marques; Modenesi; Bracarense, 2011).

Diversos fatores operacionais exercem influência significativa sobre a qualidade final do cordão de solda, entre eles o tipo e o diâmetro do eletrodo, a polaridade de ligação, a intensidade de corrente empregada, a velocidade de deslocamento, a tensão do arco, a posição de soldagem, a profundidade de penetração e a sequência de deposição dos passes.

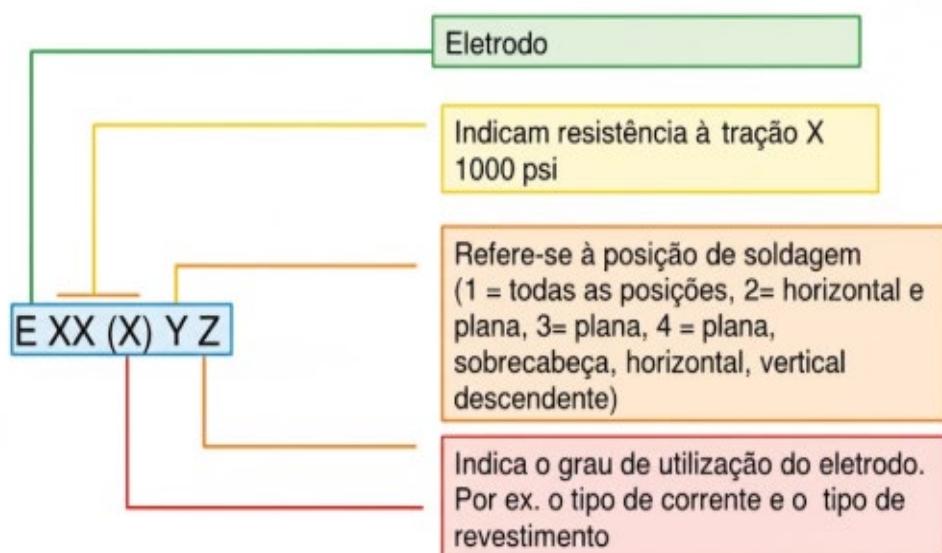
O controle da tensão do arco apresenta limitações, uma vez que a distância entre o eletrodo e a peça é ajustada manualmente, o que reduz a precisão do processo. A transferência das gotas metálicas está fortemente associada às variações do comprimento do arco, de modo que o aumento da corrente de soldagem requer elevação proporcional da tensão para preservar a estabilidade da operação (Modenesi; Marques; Santos, 2025).

A escória gerada durante o processo, ao solidificar-se sobre o cordão de solda, atua como uma barreira física que impede a reoxidação do metal depositado.

Além disso, proporciona uma taxa de resfriamento mais uniforme, o que favorece o desenvolvimento de uma microestrutura adequada e estável no metal de solda (Coelho, 2019).

Segundo Fortes e Vaz (2005) além da compatibilidade com as diferentes posições de soldagem plana, horizontal, vertical e sobrecabeça conforme ilustra a Figura 2.

**Figura 2 |** Classificação de eletrodos revestidos conforme norma AWS A5.1



Fonte: Martins (2022).

Há norma específica que define a padronização com base nas propriedades mecânicas do metal de solda, como o limite máximo de resistência à tração, no tipo de revestimento, na polaridade e no tipo de corrente elétrica aplicável (corrente contínua positiva CC+, negativa CC- ou alternada CA), além da compatibilidade com as diferentes posições de soldagem (Modenesi; Marques; Santos, 2025). Os eletrodos são identificados por um código alfanumérico normatizado, o qual fornece informações específicas sobre seu comportamento operacional e campo de aplicação industrial, conforme mostra o Quadro 1.

**Quadro 1 | Classificação de eletrodos revestidos.**

Classe	Corrente	Arco	Penetração	Revestimento - escória	Pó de ferro
EXX10	CC+	agressivo	profunda	Celulósico - sódio	0 - 10%
EXX11	CA/CC+	agressivo	profunda	Celulósico - potássio	0
EXX12	CA/CC-	médio	média	Rutílico - sódio	0 - 10%
EXX13	CA/CC-/ CC+	suave	leve	Rutílico - potássio	0 - 10%
EXX14	CA/CC-/ CC+	suave	leve	Rutílico - pó de ferro	25 - 40%
EXX15	CC+	médio	média	Básico -baixo hidrogênio - sódio	0
EXX16	CA/CC+	médio	média	Básico- baixo hidrogênio - potássio	0
EXX18	CA/CC+	médio	média	Básico-baixo hidrogênio-pó de ferro	25 - 40%
EXX20	CA/CC-	médio	média	Ácido- óxido de ferro - sódio	0
EXX22	CA/CC-/ CC+	médio	média	Ácido- óxido de ferro - sódio	0
EXX24	CA/CC-/ CC+	suave	leve	Rutílico - pó de ferro	50%
EXX27	CA/CC-/ CC+	médio	média	Básico- óxido de ferro - pó de ferro	50%
EXX28	CA/CC+	médio	média	Básico-baixo hidrogênio-pó de ferro	50%
EXX48	CA/CC+	médio	média	Básico-baixo hidrogênio-pó de ferro	25 - 40%

Fonte: Adaptado de Martins (2022).

A faixa de corrente elétrica indicada para cada tipo de eletrodo revestido depende de fatores construtivos e operacionais, como o diâmetro e o material da alma metálica, a espessura e a natureza do revestimento, além da posição em que a soldagem é executada. A corrente aplicada exerce papel fundamental no processo, pois afeta diretamente a morfologia da poça de fusão e a microestrutura do cordão soldado, ao controlar o aporte térmico e a tensão do arco (Coelho, 2019).

De acordo com Camargos (2019), o valor da corrente deve ser ajustado de forma compatível com o diâmetro e a composição do eletrodo, assegurando energia suficiente para a fusão homogênea

tanto do metal de base quanto do metal de adição, garantindo também a estabilidade da poça fundida. A espessura do revestimento pode ser classificada como fina, semiespessa, espessa ou muito espessa, e essa característica impõe limites operacionais importantes para a escolha da corrente. Revestimentos mais finos requerem correntes reduzidas e resultam em crateras menores, enquanto os mais espessos demandam correntes elevadas, produzindo maior aporte térmico e consequentemente crateras mais profundas (Camargos, 2019).

Esses parâmetros devem ser ajustados conforme as orientações do fabricante. Correntes abaixo da faixa recomendada provocam instabilidade do arco, dificultando a manutenção da poça de fusão, ao passo que valores excessivos levam à deterioração prematura do revestimento, intensificação do sopro magnético e aumento da projeção de respingos (Coelho, 2019).

Segundo Martins (2022), os eletrodos com revestimento rutílico apresentam penetração intermediária, mas permitem o fechamento eficiente da raiz mesmo em juntas com folgas amplas, desde que corretamente manipulados. Esses eletrodos podem operar tanto em corrente alternada (CA) quanto contínua (CC), sendo esta última preferida por proporcionar arco mais estável e menor emissão de respingos, resultando em cordões de solda com melhor acabamento e qualidade metalúrgica.

A escolha da polaridade e do tipo de corrente tem influência direta sobre a geometria da poça, o regime de transferência metálica e a estabilidade do arco elétrico. Na polaridade inversa (DCEP/CCEP *Direct Current Electrode Positive*), em que o eletrodo é conectado ao polo positivo e a peça ao polo negativo, cerca de 70 % da energia térmica é concentrada no material base, produzindo penetração mais profunda e menor reforço no cordão (Moura *et al.*, 2024). Na polaridade direta (DCEN/CCEN *Direct Current Electrode Negative*), com o eletrodo ligado ao polo negativo, aproximadamente 70 % do calor se concentra na ponta do eletrodo, elevando a taxa de fusão e a eficiência de deposição. Já a corrente alternada (CA), por alternar a polaridade a 60 Hz, apresenta comportamento intermediário, com níveis medianos de penetração e fusão, porém menor estabilidade de arco em eletrodos de maior diâmetro (Carraro, 2017; Silva, 2017).

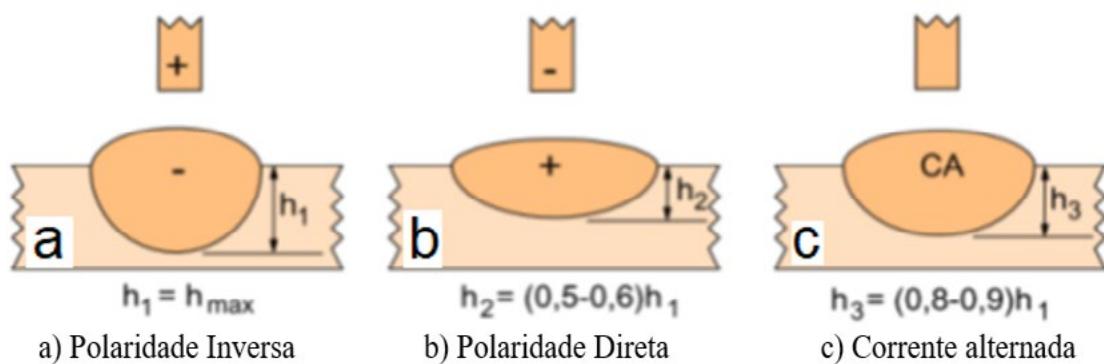
Estudos complementares indicam que a distribuição térmica durante a soldagem é diretamente afetada pela polaridade. Na polaridade direta (DCEN), o calor concentra-se predominantemente no eletrodo, promovendo fusão acelerada e penetração reduzida; na polaridade inversa (DCEP), o fluxo

térmico se direciona majoritariamente ao metal base, resultando em maiores profundidades de fusão, mesmo com menor taxa de fusão do eletrodo. No caso da corrente alternada, a dissipação de calor é equilibrada entre eletrodo e peça, mantendo aproximadamente uma proporção 50/50, o que favorece estabilidade e penetração moderadas — embora exija ajustes precisos na amplitude da corrente e na velocidade de soldagem para compensar as oscilações do arco (Silva, 2017).

A definição adequada da polaridade e do tipo de corrente deve considerar as necessidades de penetração, diluição, taxa de deposição e propriedades metalúrgicas desejadas da junta soldada, bem como os aspectos operacionais, como diâmetro do eletrodo, tipo de revestimento e posição de soldagem.

Em geral, a polaridade DCEP é empregada em aplicações que requerem alta penetração, baixo índice de respingos e arco suave, sendo recomendada para soldas estruturais. A polaridade DCEN, por outro lado, é preferida quando se busca maior taxa de deposição e fusão acelerada, mesmo com penetração inferior. Já a corrente alternada representa uma alternativa intermediária, adequada a condições em que se deseja equilíbrio entre penetração e estabilidade do arco, especialmente em eletrodos de uso geral, como ilustrado na Figura 3 (Camargos, 2019).

**Figura 3 |** Influência do tipo de corrente e polaridade na penetração de um cordão de solda.



Fonte: Martins (2022).

Diversos fatores operacionais e geométricos influenciam diretamente a ocorrência de penetração insuficiente em juntas soldadas. Entre eles, destaca-se o aporte térmico reduzido, que pode ser compensado pelo aumento controlado da corrente elétrica aplicada. Além disso, a adoção de técnicas de soldagem inadequadas e o preparo incorreto da junta podem resultar em fusão incompleta entre o metal de adição e o metal base, comprometendo a coesão e a resistência da união. Observa-se, ainda, uma relação direta

entre a polaridade do arco elétrico e o tipo de revestimento do eletrodo, ambos fatores determinantes para a profundidade de penetração e a extensão da zona fundida (Carraro, 2017).

Segundo Camargos (2019), a profundidade de penetração do cordão de solda está proporcionalmente associada à intensidade e à concentração da energia térmica fornecida, sendo favorecida pelo aumento da escavação provocada pelo arco elétrico, que intensifica a fusão do metal base (Dias, 2014) em relação a influência significativa da polaridade sobre a geometria e a morfologia da solda conforme Quadro 2.

**Quadro 2 | Largura dos cordões: combinação de eletrodos, polaridade e corrente contínua.**

Eletrodo utilizado	Polaridade do eletrodo	Maior largura do cordão	Maior reforço do cordão
E6013 Ø 2,5 mm	Positiva	X	
	Negativa		X
E6010 Ø 2,5 mm	Positiva	X	
	Negativa		X

Fonte: Adaptado Dias (2014).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foram utilizados os laboratórios da Fatec de Pindamonhangaba, onde realizou-se um cordão de solda de revestimento no centro da chapa de aço A36, na posição plana, técnica empurrando, e foi variada a corrente em: Polaridade Inversa (DCEP), Polaridade Direta (DCEN) e Corrente Alternada (CA), totalizando 6 chapas, com a finalidade de observar qual condição apresenta maior penetração e diluição.

O equipamento utilizado para realizar a soldagem foi a fonte marca Miller modelo Sincrowave 250 Dx, o aço foi a chapa de aço A36 com dimensões de 50x100x6,39 mm. Cada condição a ser estudada foi identificada conforme Tabela 1.

**Tabela 1 | Identificação das amostras estudadas.**

Condições	Revestimento do Eletrodo	
Corrente	E6010	E6013
Polaridade Inversa	1A	2A
Polaridade Direta	1B	2B
Alternada	1C	2C

Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

Os parâmetros de soldagem e cada condição que forma estudadas neste trabalho estão descritos na Tabela 2.

**Tabela 2 | Parâmetros de soldagem**

<b>Corrente Polaridade Inversa (DCEP)</b>		
Parâmetros de Soldagem	E6010	E6013
Velocidade de solda [mm/s]	3,1	2,63
Amperagem [A]	100	90
Voltagem [V]	20	20
<b>Corrente Polaridade Direta (DCEN)</b>		
Parâmetros de Soldagem	E6010	E6013
Velocidade de solda [mm/s]	3,0	2,78
Amperagem [A]	80	90
Voltagem [V]	20	20
<b>Corrente alternada (CA)</b>		
Parâmetros de Soldagem	E6010	E6013
Velocidade de solda [mm/s]	3,03	2,51
Amperagem [A]	80	90
Voltagem [V]	20	20

Fonte: Autores (2025).

Após a realização das soldas e as mesmas resfriaram lentamente ao ar até a temperatura ambiente, as chapas foram levadas para o laboratório de metalografia e utilizando a cortadora metalográfica marca Teclago e modelo CM80 e foi realizado um primeiro corte no sentido do comprimento da chapa dividindo a mesma ao meio e na sequência foi realizado outro corte e retirado 15 mm para cada condição estudada que está ilustrada na Figura 4.

**Figura 4 | Corte da chapa soldada**



Fonte: Autores (2025).

Na sequência foi realizado o lixamento de cada amostra e utilizou-se a lixadeira marca Arotec e Modelo Duopol e com a seguinte sequência de lixas: 180, 220, 400 600 mesh.

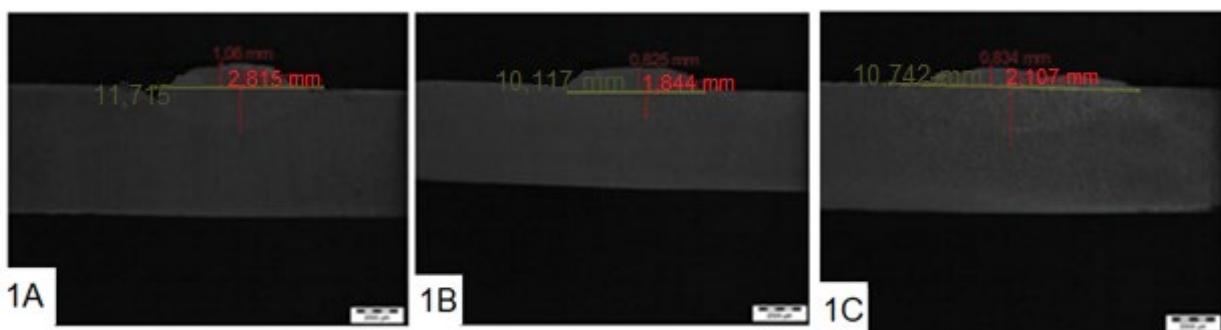
Após o lixamento as amostras foram encaminhadas para o laboratório de química e realizou-se o ataque químico dentro de uma capela marca *permution* com o reagente de Nital 15%, (75 ml de álcool etílico e 15 ml de ácido nítrico) com a técnica esfregando, após revelar o contorno da solda as amostras foram submersa na água para neutralizar o efeito do ataque e foi secador utilizando o Secador marca Tayff modelo RS-3.

Depois as amostras foram levadas para a sala de microscopia e com o auxílio do estereoscópio marca Olympus Modelo 5z2-et foi realizado a captura das imagens e posteriormente utilizou-se o software Imagem J para realizar as medições das regiões soldada como: penetração e altura e largura do cordão de solda.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao analisar a Figura 6 a solda com eletrodo revestido E6010 com a Polaridade Inversa (1A) (DCEP), demonstrou-se uma penetração de 2,815 mm, sendo cerca de 25 % maior em relação à corrente alternada (1C) (CA) E6010 que teve uma penetração de 2,107 mm e quando comparado com a Polaridade Direta (1B) (DCEN) E6010 teve cerca de 35% maior, que apresentou uma penetração de 1,844 mm também analisado conforme Figura 5.

**Figura 5 |** Medidas da Solda eletrodo E6010: 1A) Polaridade Inversa 1B) Polaridade Direta 1C) Corrente Alternada



Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

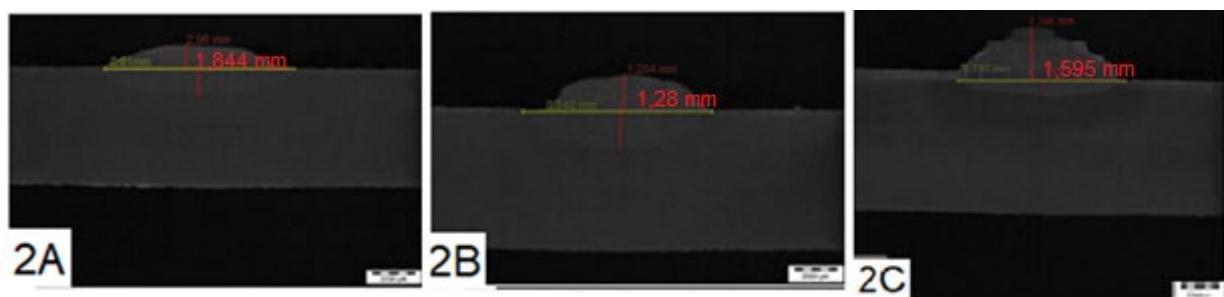
Já a altura do cordão da solda (1A) DCEP E6010 apresentou uma medida de 1,06 mm e quando comparado com cordão (1C) CA E6010 foi cerca de 21% maior, que apresentou uma altura de 0,834 mm e quando comparado com o cordão (1B) DCEN E6010 foi cerca de 22% maior, que apresentou uma altura de 0,825 mm.

Já na largura o (1A) DCEP E6010 obteve uma medida de 11,715 mm e quando comparado com (1C) CA E6010 foi cerca de 8% maior, que apresentou uma largura de 10,742 mm e comparando com (1B) DCEN E6010 teve cerca de 14% maior, que apresentou uma largura de 10,117 mm também observado em trabalho similar de Dias (2014).

Ao se analisar a Figura 5 a solda com eletrodo revestido (2A) (DCEP) E6013 Polaridade Inversa apresentou uma penetração de 1,844 mm, sendo cerca de 14 % maior em relação à corrente alternada (2C) (CA) E6013 que teve uma penetração de 1,595 mm e quando comparado com a Polaridade Direta (2B) (DCEN) E6013 teve cerca de 39% maior, que apresentou uma penetração de 1,128 mm também analisado em trabalho similar de Martins (2022).

Já a altura do cordão da solda (2A) DCEP E6013 apresentou uma medida de 2,06 mm e quando comparado com cordão (2C) CA E6013 foi cerca de 32% maior, que apresentou uma altura de 1,386 mm e quando comparado com o cordão (2B) DCEN E6013 foi cerca de 41% maior, que apresentou uma altura de 1,204 mm. Já na largura o (2A) DCEP E6013 obteve uma medida de 8,810 mm e quando comparado com (2B) CA E6013 foi cerca de 3% maior, que apresentou uma largura de 8,548 mm e comparando com (2C) DCEN E6013 teve cerca de 0,26% maior, que apresentou uma largura de 8,787 mm também observado em trabalho similar de Dias (2014).

**Figura 6 | Medidas da Solda eletrodo E6013: 2A) Polaridade Inversa 2B) Polaridade Direta 2C) Corrente Alternada**



Fonte: Elaborado pelos Autores (2025).

Quando é analisado as Figuras 6 a 7 a solda com eletrodo revestido E6010 (1A) Polaridade Inversa foi o que apresentou o maior valor de penetração de 2,815 mm, sendo cerca de 25 % maior a segunda maior penetração que foi a E6010 corrente alternada (CA) (1C) que teve uma penetração de 2,107 mm, terceira maior penetração foi a E6010Polaridade Direta (DCEN) (1B) e E6013 Polaridade Inversa (2A) sendo cerca de 10% menor que penetração anterior com uma medida de 1,844 mm.

Na sequência o (2C) E6013 CA com cerca de 43% menor quando comparado com (1A) e já o (2C) apresentou cerca de 54% valor inferior de penetração.

Ao Analisar largura do cordão de solda na Figura 6 e 7, a condição com maior largura foi (1A) DCEP E6010 obteve uma medida de 11,715 mm e quando comparado com 1C CA foi cerca de 8% maior, e comparando com 1A DCEN E6010 teve cerca de 14% e quando comparado com (2A) DCEP E6013 foi maior cerca de 25% e enquanto comparado com (2B) CA E6013 e (2C) DCEN E6013 foi cerca de 28% maior, também observado em trabalho similar de Dias (2014).

Quando observado a altura do cordão na Figura 6 e 7 o experimento com o maior valor foi (2A) DCEP E6013 com a medida de 2,06 mm e quando comparado com cerca de 32 % maior em relação a (2A) DCEP E6013 e 42% quando comparado com (2C) CA E6013, quando comparado com (1A) DCEP E6010 o valor chega a 48% maior, comparado com (1C) CA E6010 o valor é 59% e 60% (1B) DCEN E6010.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que os eletrodos E6010 e 6013 ao observar a polaridade da corrente e o revestimento do eletrodo a penetração foi influência pelos dos fatores sendo o revestimento E 6010 que apresentou maior penetração quando comparado com a mesma polaridade do revestimento E6013.

A polaridade Inversa é a que demonstrou maior valor de penetração para os dois revestimentos, a corrente alternada ficou com os valores intermediários e o menor valor para a corrente Direta, demonstrando que quando o eletrodo está no positivo gera um aporte térmico maior quando comparado com a outra polaridade como visto em trabalho similar de Martins (2022).

Comparando os dois revestimentos o revestimento E6010 apresentou maior penetração na corrente polaridade Indireta e corrente Alternada e a Polaridade Direta apresentou mesmo valor de penetração, desta forma o revestimento do eletrodo E6010 promove maior aporte térmico favorecendo a penetração da soldagem.

Quando analisado a altura do cordão e largura do cordão o E6010 apresenta maior largura devido a seu maior aporte térmico e penetração ao cordão de solda tende a se espalhar e aumentar a largura da solda e diminuir sua altura, já no E6013 devido a menor penetração e menor aporte térmico o cordão de solda tende a ser mais alto e mais esbelto na largura como observado em trabalho similar de Martins (2022) e Dias (2014).

## REFERÊNCIAS

BENEVIDES, K. D. G.; BENEVIDES, P. P.; BENEVIDES, M. P.; VIAGI, A. F.; MOURA, R. A. (2025). Neuroengenharia: uma pesquisa sobre Inteligência Artificial em um posto de trabalho compartilhado entre humano e máquina. *Revista Exatas*, [S. I.], v. 31, n. 2, 2025. DOI: 10.69609/1516-2893.2025.v31.n2.a4017. <https://periodicos.unitau.br/exatas/article/view/4017>

CAMARGOS, T.M. Avaliação da Influência da Polaridade da Corrente de Soldagem na Taxa de Fusão dos Eletrodos Revestidos 2019. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharel em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

CARRARO, G. Avaliação da Eficiência Térmica do Processo de Soldagem por Eletrodos Revestidos 2017. 44f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharel em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

COELHO, N.G. Avaliação da Aplicabilidade da Máquina para Soldagem ER para Avaliar a Influência da Polaridade da Corrente na Taxa de Fusão dos Eletrodos Revestidos 2019. 39f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharel em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

CUNHA, I. O. J.; JUNIOR, I. A. C.; MOURA, G. G.; MOURA, R. A.; SILVA, M. B. Segurança e ergonomia para força laboral feminina: interação com máquinas colaborativas. *Sodebras*. Vol. 16. N° 187. 2021. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.16.2021.187.08>

DA SILVA FILHO, A. L.; BENEVIDES, M. P.; NOHARA, E. L.; DE MOURA, R. A. (2025). Engenharia mecânica na construção de máquina-ferramenta portátil para usinar peças de até 1200 milímetros de diâmetro. *ARACÊ*, [S. I.], v. 7, n. 7, p. 40298–40314, 2025. DOI: [10.56238/arev7n7-295](https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/6788). <https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/6788>

DIAS, F.F.S. Influência da polaridade na morfologia do cordão de solda com eletrodos revestidos comerciais (E6013, E7018). 2014. 51f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharel em Engenharia de Materiais) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

FORTES, C., VAZ, C. T. (2005). Eletrodos revestidos. 2005. 32f. ESAB BR.

MARQUES, P., MODENESI, P., & BRACARENSE, A. *Soldagem: Fundamentos e Tecnologia*. 3ed. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2011. 362p.

MARTINS, K. G. Efeito do Tipo de Corrente Elétrica e da Polaridade Sobre os Parâmetros Geométricos e Metalúrgicos de Cordões de Solda Obtidos com O Processo Smaw em Aço Baixo Carbono. P42. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Metalúrgica da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. Universidade Federal de Ouro Preto 2022.

MODENESI, P.J; MARQUES, P.V; SANTOS, D.B. Introdução à Física do Arco Elétrico. 2012. Disponível em: <[https://demet.eng.ufmg.br/wpcontent/uploads/2012/10/fundamentos\\_fisicos1.pdf](https://demet.eng.ufmg.br/wpcontent/uploads/2012/10/fundamentos_fisicos1.pdf)>. Acesso em: 28/ maio/ 2025.

MOURA, R. A.; MONTEIRO, V. L.; GALVÃO JUNIOR, L. C.; OLIVEIRA, M. R.; SILVA, M. B. (2024). Logística Humanitária: tecnologias digitais de comunicação na gestão de riscos de desastres. *Latin American Journal of Business Management*, [S. I.], v. 2, n. 1, 2024. DOI: 10.18287/2575-8055.12024.12024.0001.0001

I.], v. 15, n. 1, 2024. DOI: 10.69609/2178-4833.2024.v15.n1.a775. <https://www.lajbm.com.br/journal/article/view/775>

OLIVEIRA, M. R.; BENEVIDES, K. G.; RUFINO, L. G. C.; SANTOS, D. A.; BENEVIDES, M. P.; MOURA, R. A. (2025). Direito Digital e sua limitação no uso da inteligência artificial hodierna: um ponto para reflexão e ações requeridas. CLCS, [S. I.], v. 18, n. 7, p. e19679. DOI: 10.55905/revconv.18n.7-341. <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/19679>

SILVA, N.M.C.S; Influência da Velocidade e Posição de Soldagem nas Propriedades de Juntas Soldadas pelo Processo de Eletrodo Revestido 2017. 40f. Trabalho de Conclusão de Curso. Bacharel em Engenharia Mecânica - Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2017.



**fapeti**

FUNDAÇÃO DE APOIO À PESQUISA,  
TECNOLOGIA E INOVAÇÃO



**UNITAU**  
Universidade de Taubaté