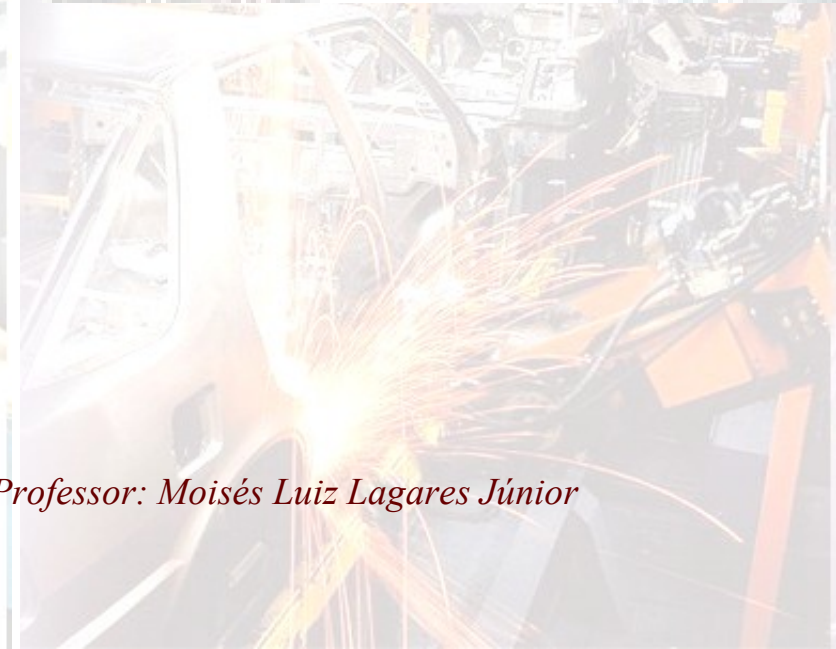


PROCESSOS DE FABRICAÇÃO III SOLDAGEM

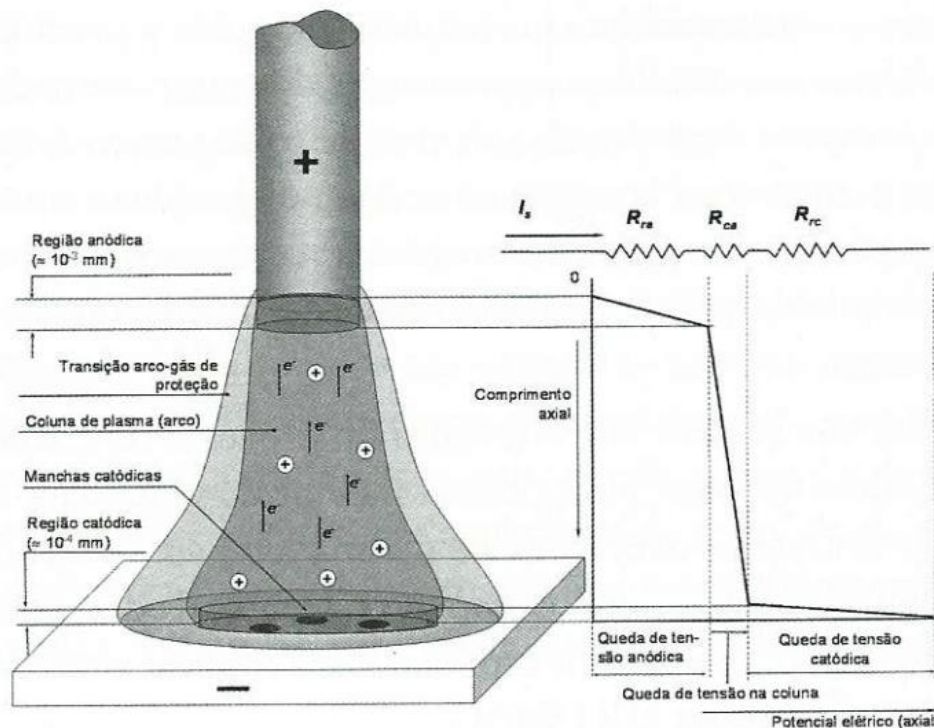
O ARCO VOLTAICO



Professor: Moisés Luiz Lagares Júnior

CARACTERIZAÇÃO E REGIÕES

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM



Acoplamentos do arco

Região Catódica:

- 10^{-4} mm; 10^2 a 10^3 V/mm; 100 a 300 A/mm²

Região Anódica:

- 10^{-3} mm; 10^2 a 10^3 V/mm; 15 a 30 A/mm²

Coluna de plasma: 1 a 10 mm;
0,1 a 1 V/mm

Figura 1.2 – Representação esquemática de um arco mostrando suas divisões ao longo do eixo longitudinal (axial) e uma correspondente analogia com resistores em série (R_{ra} – resistência à passagem de corrente elétrica na coluna de arco; R_{ra} – resistência à passagem de corrente elétrica na região anódica; R_{rc} – resistência à passagem de corrente elétrica na região catódica)

CARACTERIZAÇÃO E REGIÕES

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

Tabela 2.1 — Potencial de ionização de gases e vapores⁽¹⁾

Gás ou vapor	eV	Gás ou vapor	eV
Argônio	15,7	Sódio	5,1
Alumínio	6,0	Níquel	7,6
Cálcio	6,1	Oxigênio	13,6
Cobre	7,7	Silício	8,1
Fluor	17,3	Tungstênio	8,1
Hidrogênio	13,5	CO	14,1
Hélio	24,5	H ₂	15,6
Ferro	7,8	H ₂ O	12,6
Potássio	4,3	N ₂	15,5
Nitrogênio	14,5	O ₂	12,5

EMISSÃO TERMIÔNICA (EFEITO TERMOIÔNICO)

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

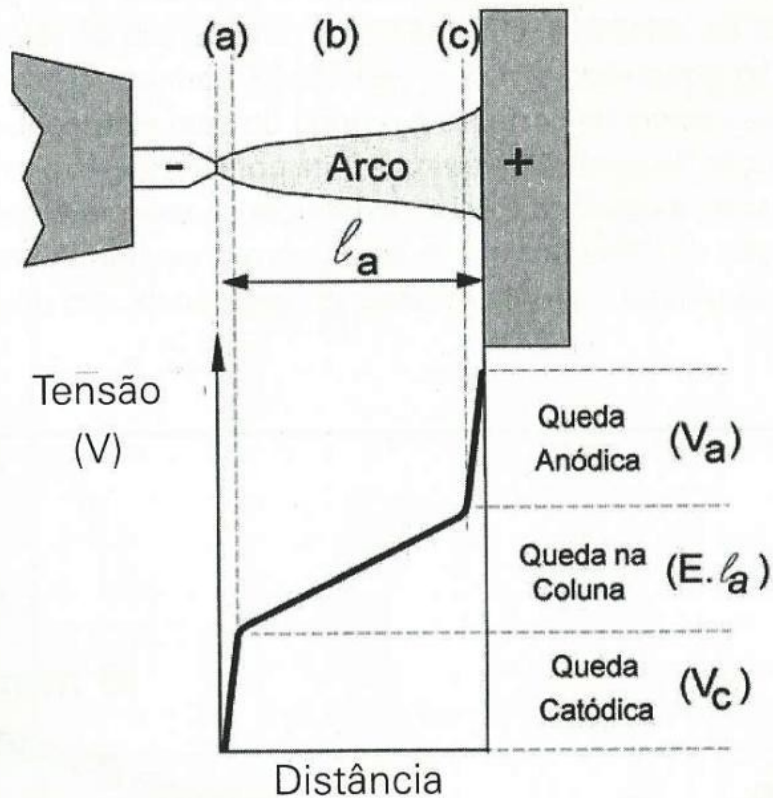


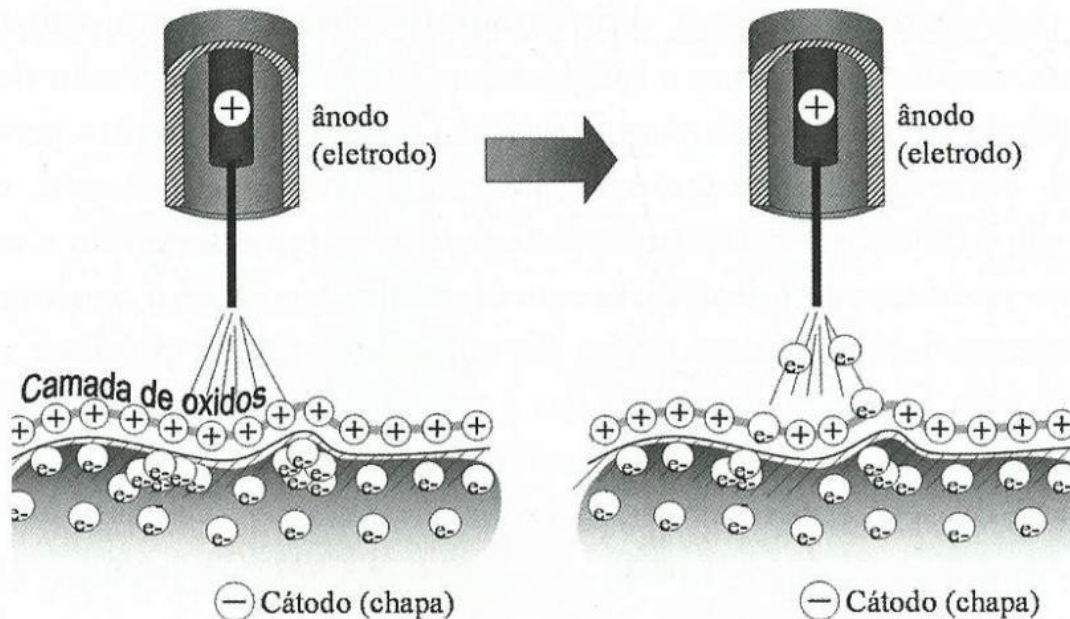
Figura 2
Regiões de um arco de soldagem (esquemáticas): (a) Zona de Queda Catódica, (b) Coluna do Arco e (c) Zona de Queda Anódica. l_a – Comprimento do arco

Aumento do fluxo de elétrons que saem de um metal devido ao aumento de temperatura.

$$J = AT^2 e^{\frac{-W}{kT}}$$

EMISSÃO CATÓDICA OU EMISSÃO POR CAMPO

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM



“A necessidade da existência de óxidos para haver emissão catódica é que justifica a maior estabilidade das soldagens com eletrodos consumíveis com proteção gasosa se dar quando o gás contiver pequenas adições de oxigênio em sua composição (evitando que o arco procure por óxidos em regiões distantes do seu eixo)”

Figura 1.3 – Representação esquemática do fenômeno de emissão catódica (à esquerda fase de agrupamento de elétrons sob a camada de óxido, enquanto à direita a fase de quebra localizada da camada óxida e emissão de elétrons)

A COLUNA DE PLAMA

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

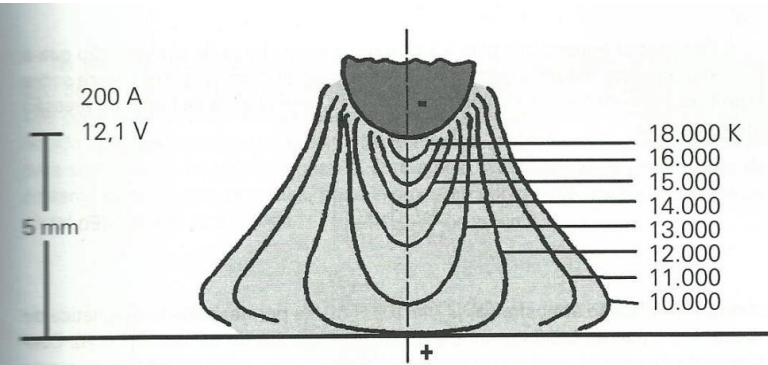


Figura 5
Isotermas de um arco elétrico típico. $V = 12\text{ V}$, $I = 200\text{ A}$

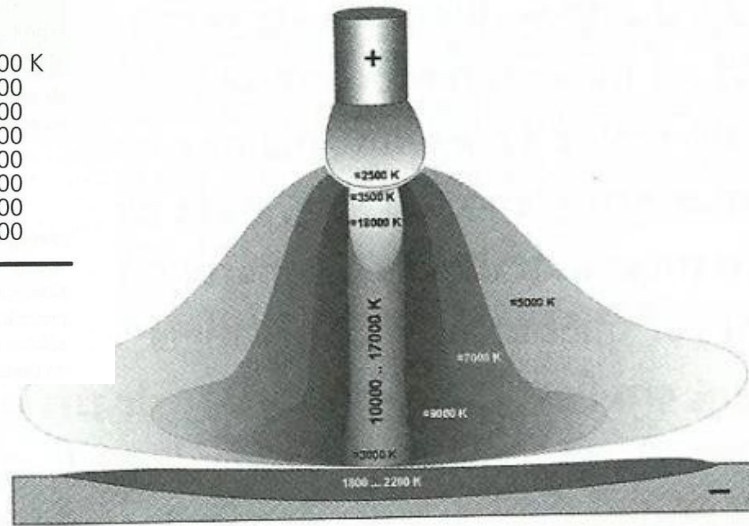


Figura 1.4 – Representação genérica da distribuição da temperatura de um arco de soldagem devido ao processo de troca de calor. Como quanto maior a temperatura, maior o grau de ionização, a corrente também se distribui radialmente de forma não linear. Esta distribuição depende do gás de proteção, da intensidade de corrente, comprimento do arco, etc.

PERFILOGRAFIA

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

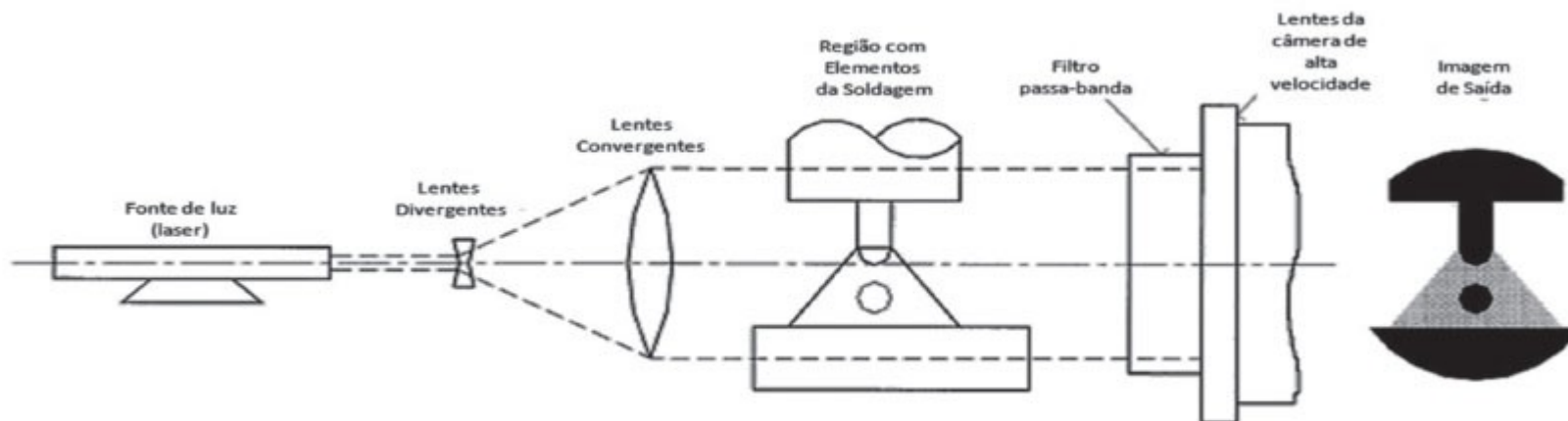


Figura 1. Visualização da transferência metálica por perfilografia de Bálamo *et al.* [1].

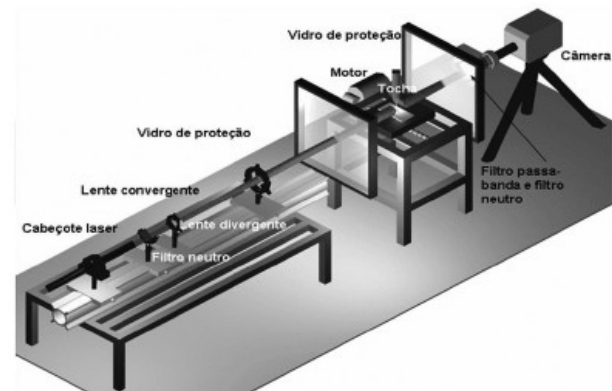


Figura 4. Detalhe do sistema laser-óptico utilizado [10].

ABERTURA E MANUTENÇÃO DE UM ARCO

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

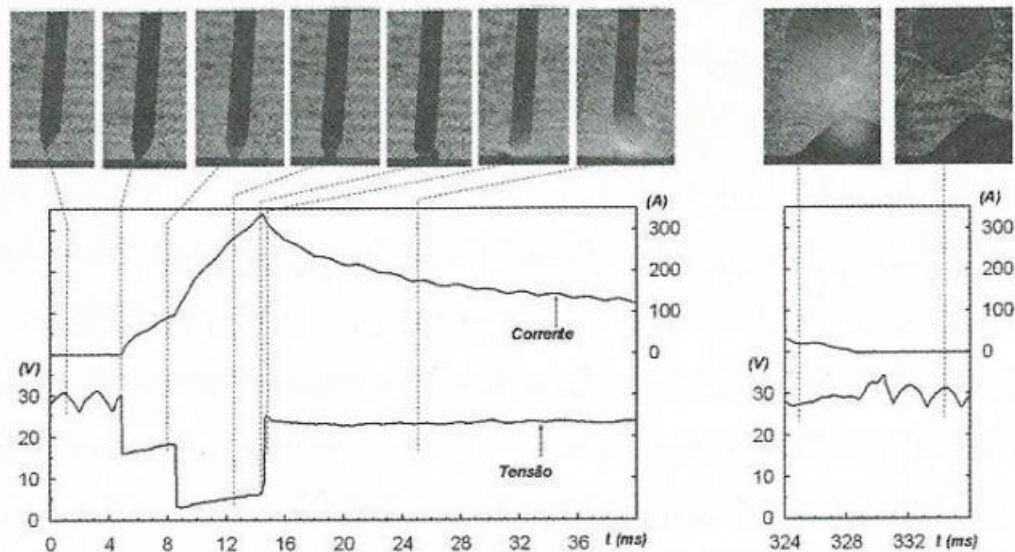


Figura 1.5 – Representação do comportamento dinâmico dos sinais elétricos de um arco durante o seu acendimento após o curto-circuito (eletrodo de 1,0 mm do diâmetro). Em (a) é mostrado o acendimento do arco, quando a tensão inicialmente em vazio (≈ 30 V) e corrente nula antes do curto passa para a tensão de arco e corrente de soldagem (≈ 25 V e 100 A). Por alguma razão, este arco se apagou entre o período de tempo de 328 a 334 ms, mostrado em (b) (a tensão voltando ao valor de vazio e a corrente a zero)

O JATO DE PLASMA

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

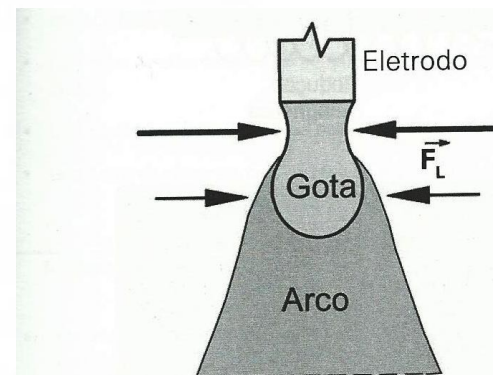
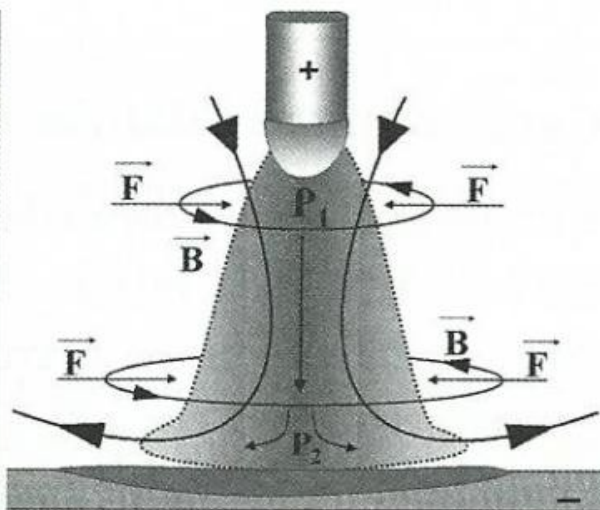
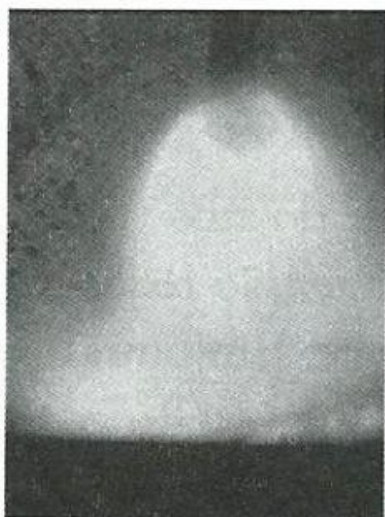
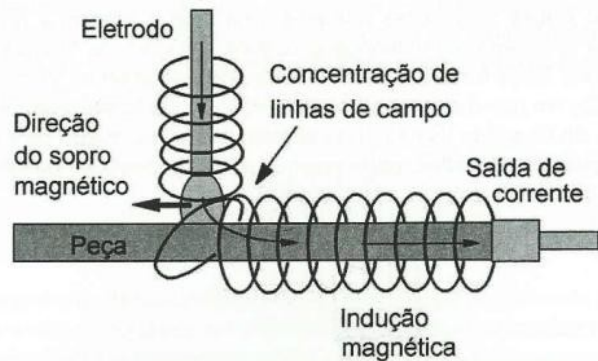


Figura 7
Efeito "Pinch" (esquemático)

Paulo Villani, Modenesi, Bracarense, 3ª edição

Figura 1.6 – À esquerda, ilustração de um arco de soldagem com eletrodo consumível, caracterizando seu formato tronco-cônico; à direita, representação esquemática da geração do jato de plasma em função das diferenças de pressão ($P_1 > P_2$) exercidas pela resultante das forças eletromagnéticas geradas pela intercessão da corrente (I_r) com o campo magnético (B).

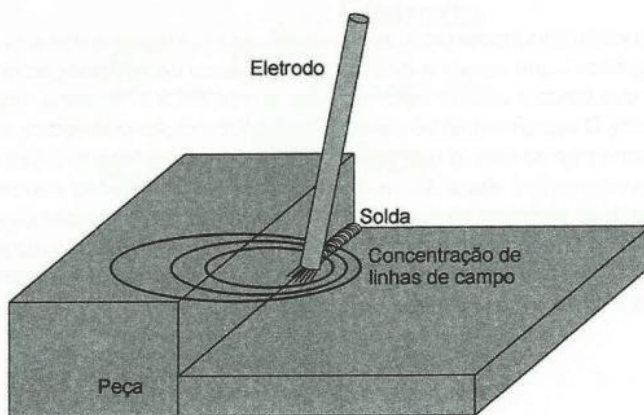


(a)

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM



(b)

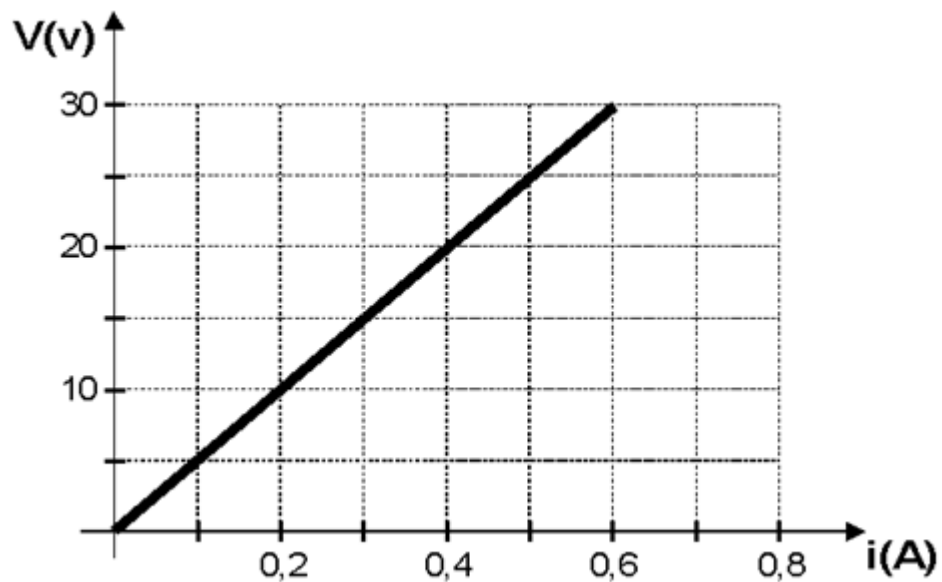
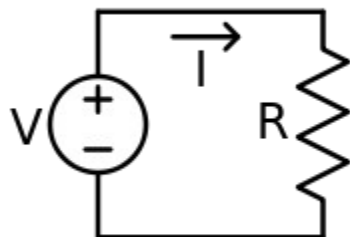


(c)

Figura 8
Causas de sopro magnético (esquemático): (a) mudança brusca da direção da corrente na sua passagem do arco para a peça; (b) concentração do campo magnético na borda de uma junta de material ferromagnético e (c) concentração do campo no lado menos espesso de uma junta do mesmo tipo de material

CEA – CARACTERÍSTICA ESTÁTICA DO ARCO

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM



CEA – CARACTERÍSTICA ESTÁTICA DO ARCO

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

Arco elétrico com características resistivas, capacitivas e indutivas

Fonte de soldagem

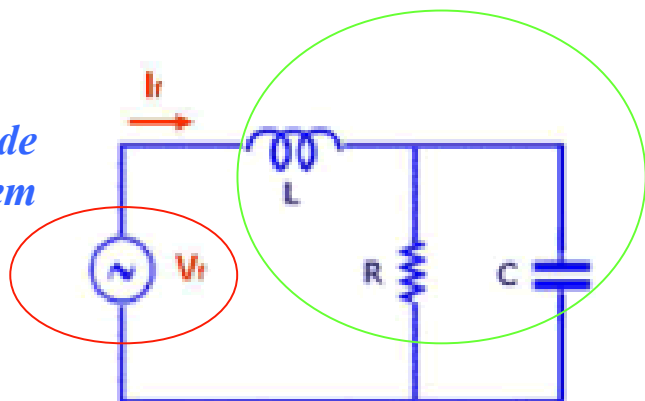
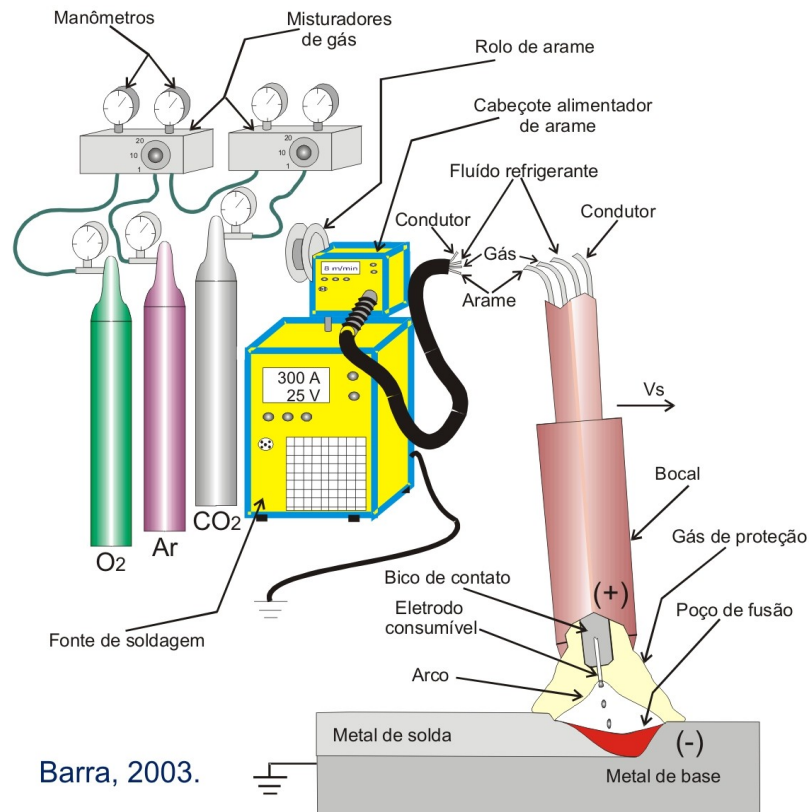


Figura 2 - Circuito RLC como exemplo



CEA – CARACTERÍSTICA ESTÁTICA DO ARCO

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

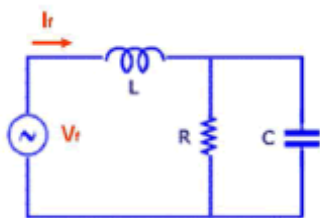


Figura 2 - Circuito RLC como exemplo

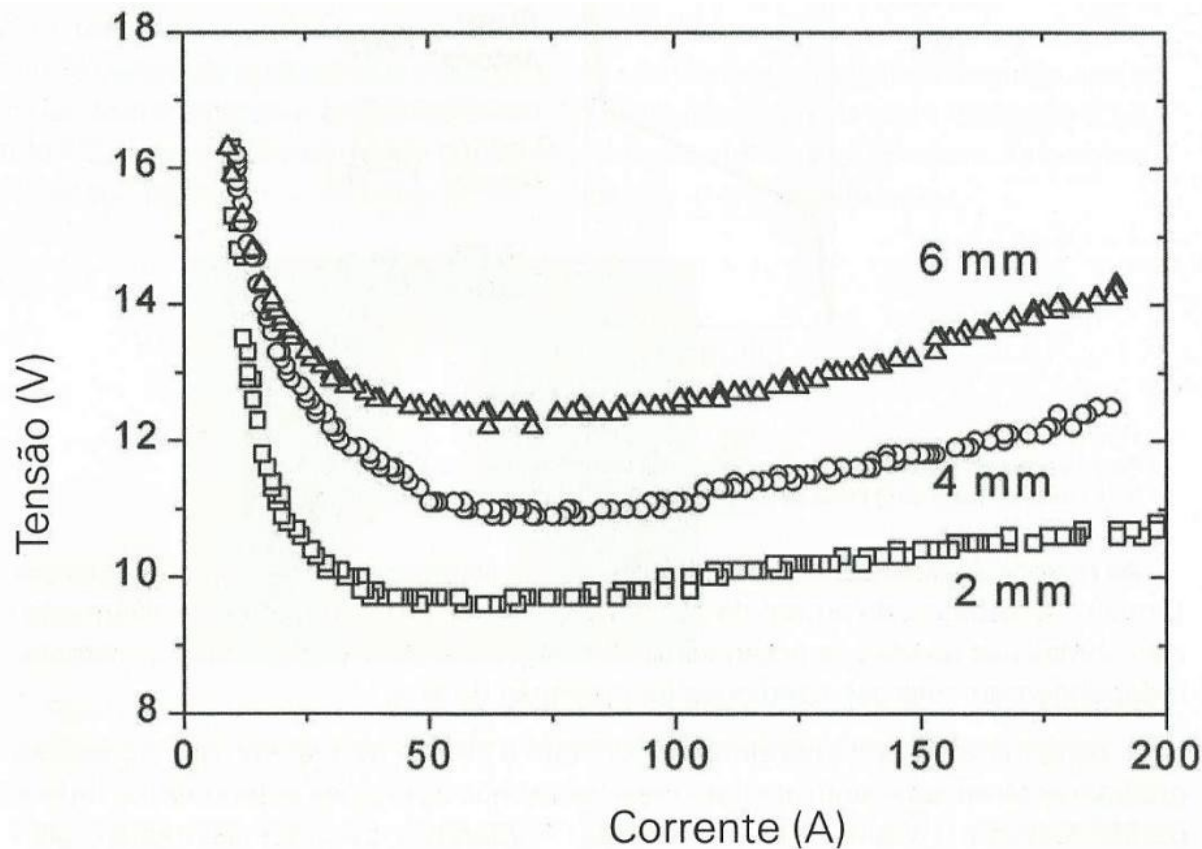


Figura 3
Curvas características estáticas do arco entre um eletrodo de tungstênio e um anodo do cobre para diferentes comprimentos de arco

CEA – CARACTERÍSTICA ESTÁTICA DO ARCO

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

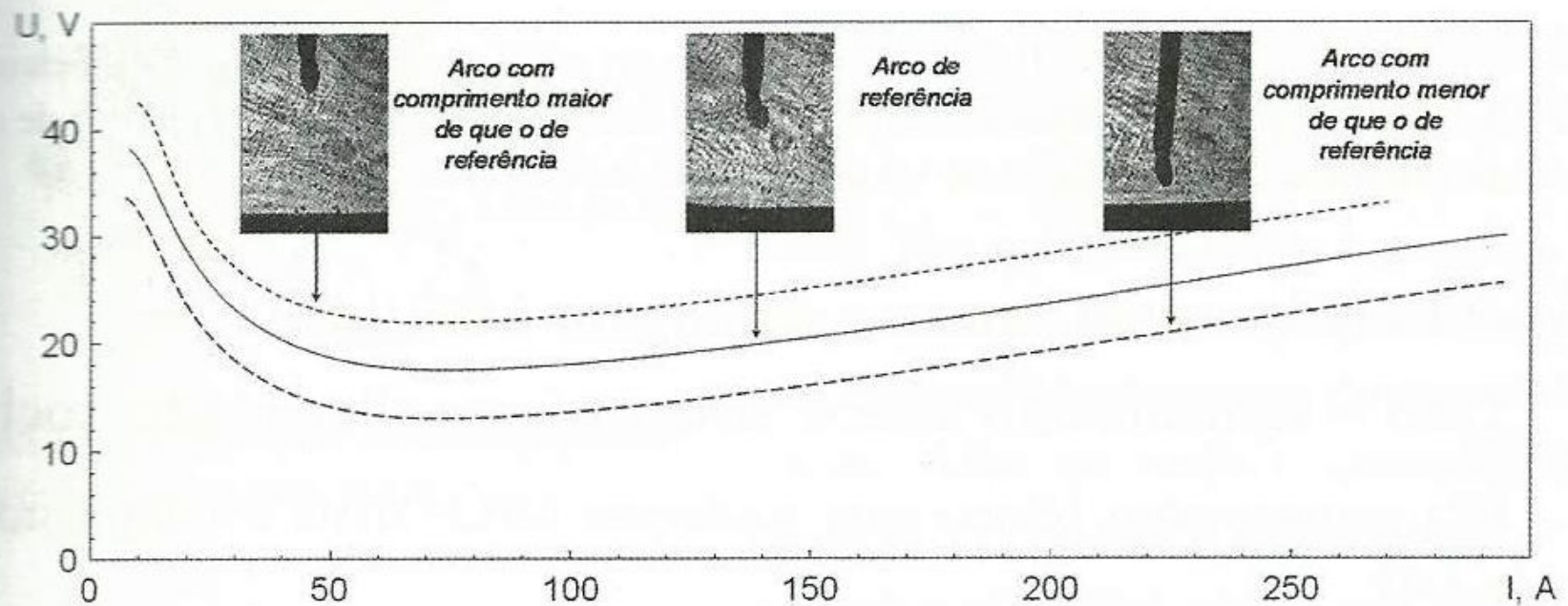


Figura 1.7 – Representação esquemática de Características Estáticas de Arcos (CEA) para diferentes comprimentos de arco

SOLDAGEM A ARCO COM ELETRODO CONSUMÍVEL

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

FIGURE 6-2 Arc region of consumable electrode welding arc.

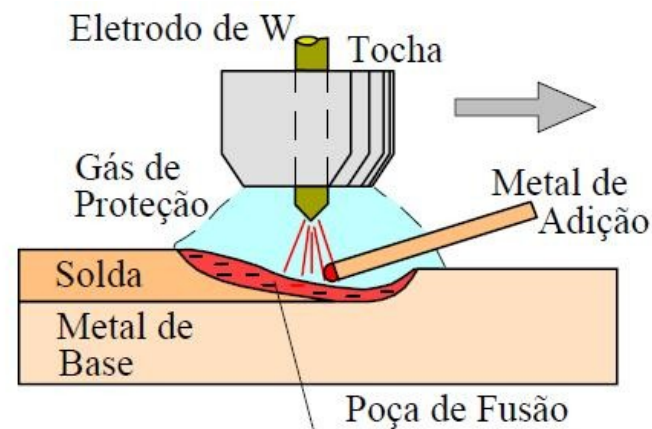
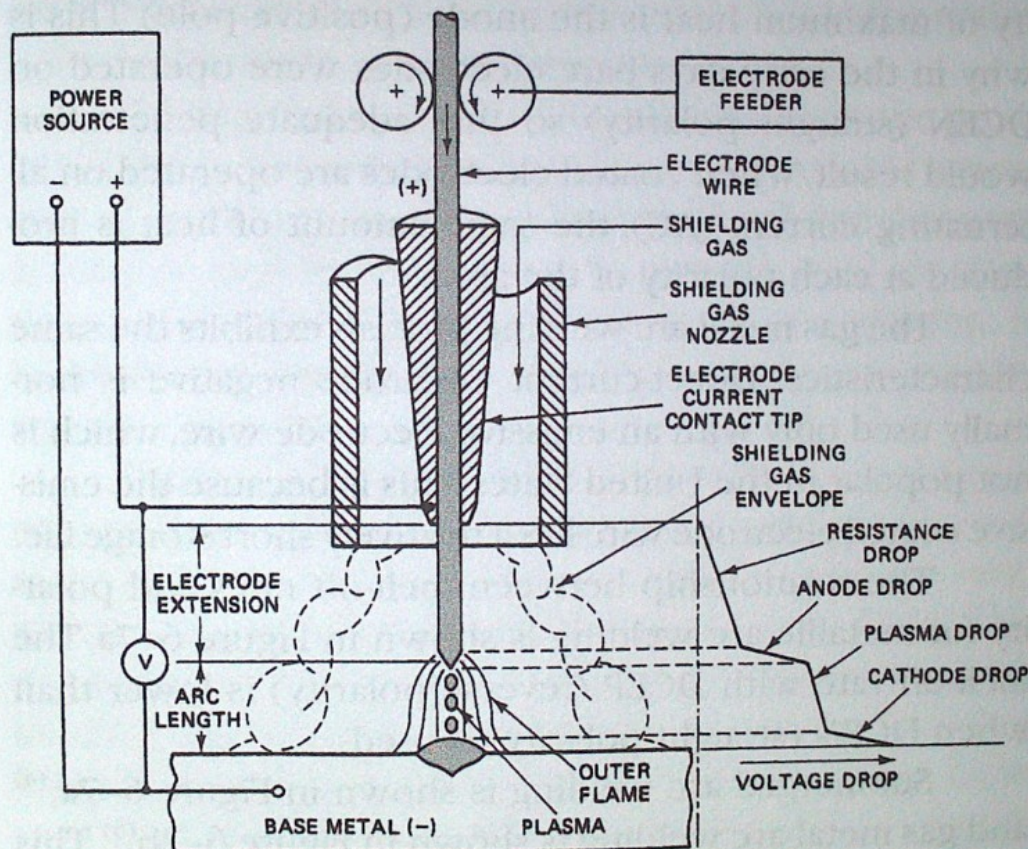


Figura 1 – Região do arco na soldagem GTAW.

SOLDAGEM A ARCO ELÉTRICO: ELETRODO CONSUMÍVEL x NÃO CONSUMÍVEL

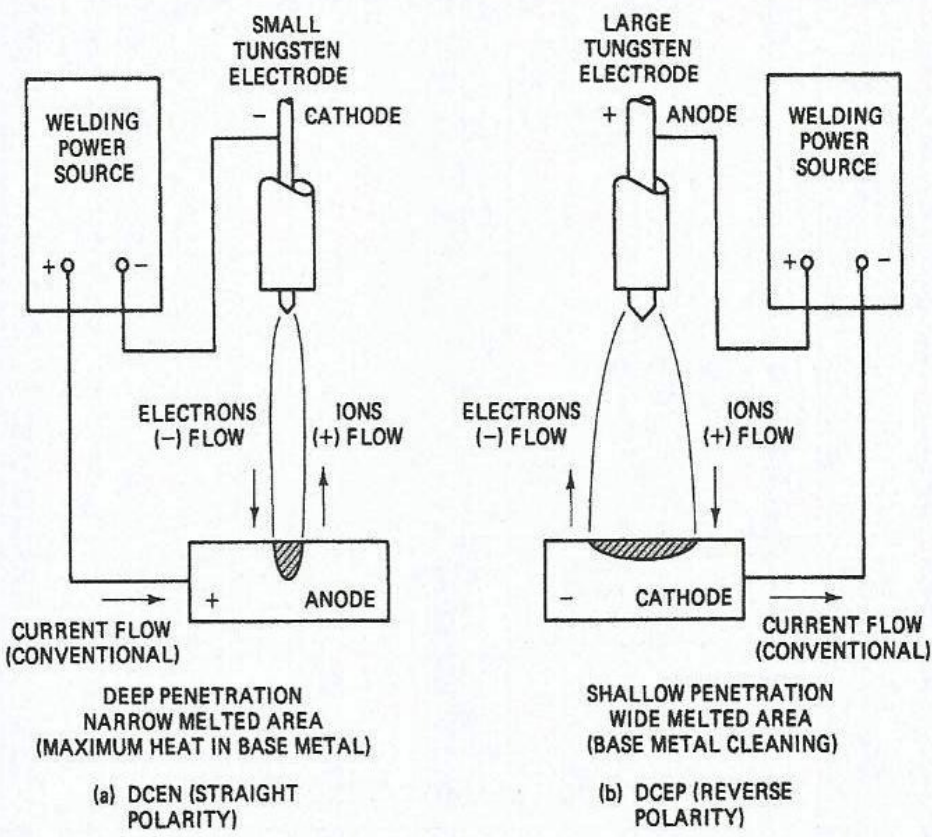


FIGURE 5-3 Arc heat distribution changes with polarity change.
 Modern Welding Technology, sixth edition

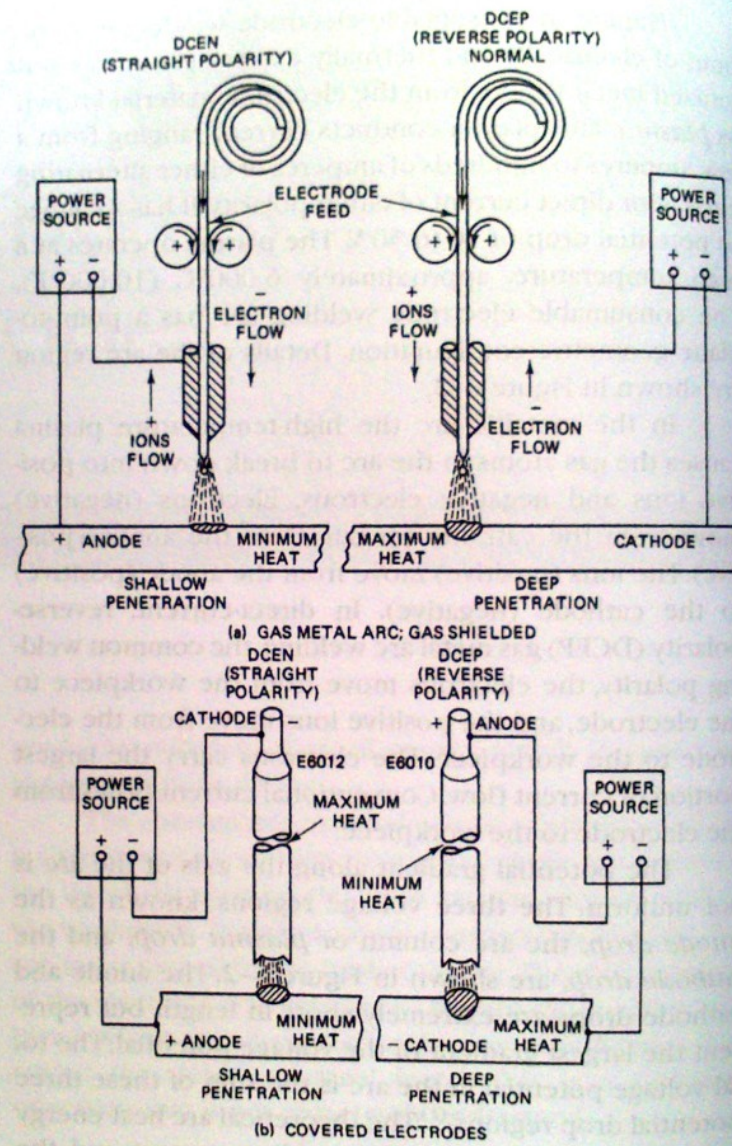


FIGURE 6-6 The polarity and heat relationship for gas metal arc welding.

ELETRODO CONSUMÍVEL: EFEITO DO GÁS

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

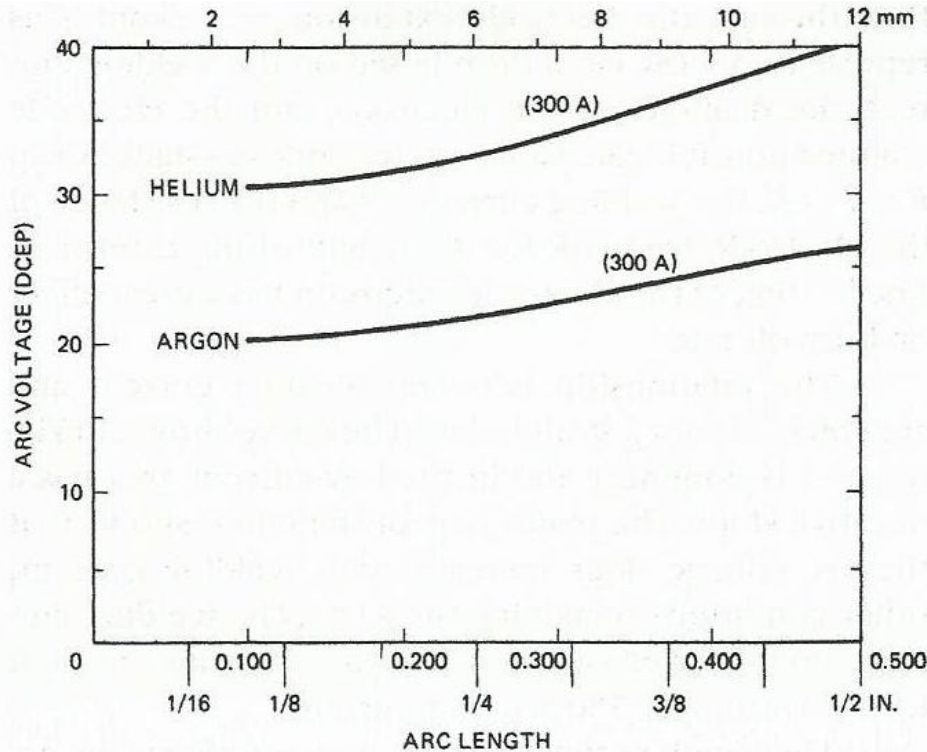
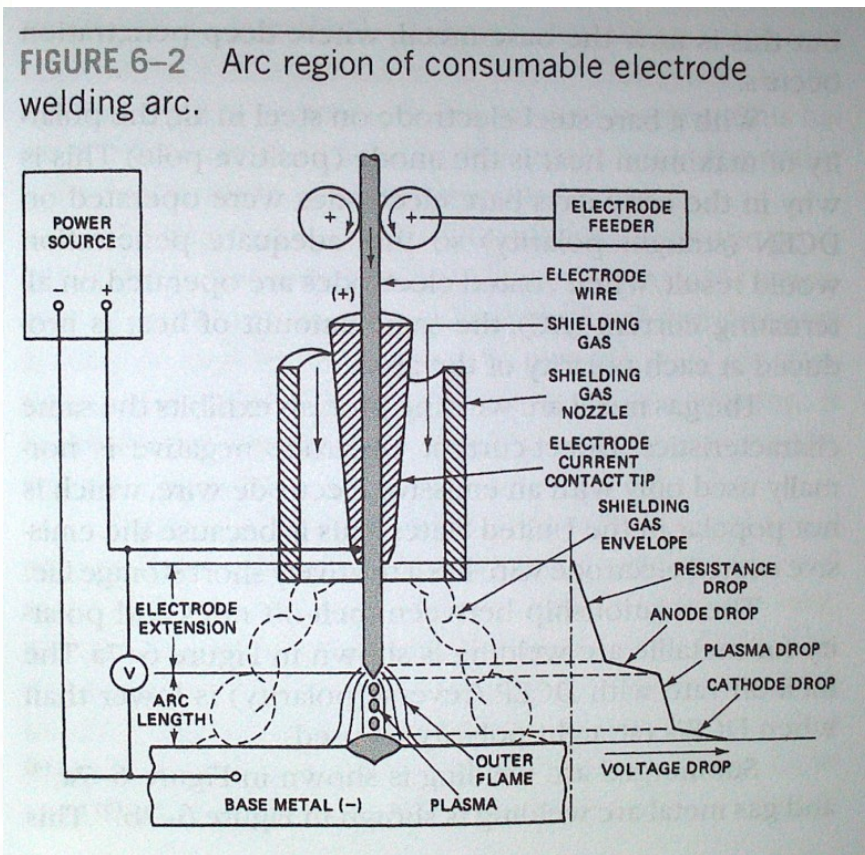


FIGURE 6-4 The effect of argon and helium gas on the arc length and arc voltage.



ELETRODO CONSUMÍVEL: EFEITO DO GÁS

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

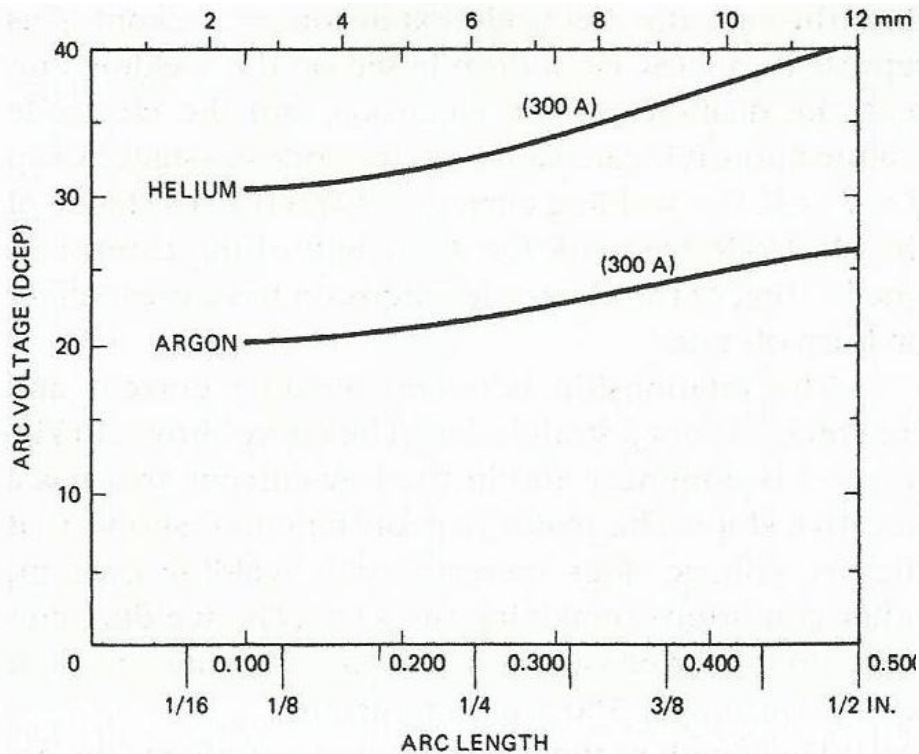


Tabela 2.1 — Potencial de ionização de gases e vapores⁽¹⁾

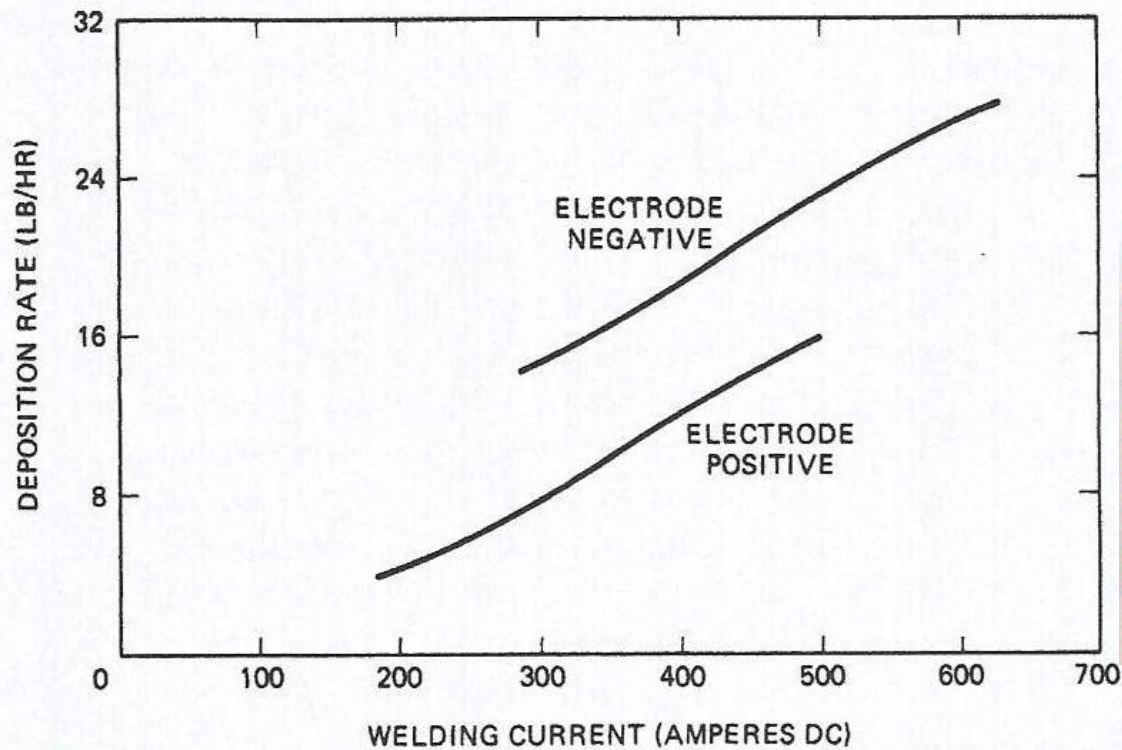
Gás ou vapor	eV
Argônio	15,7
Alumínio	6,0
Cálcio	6,1
Cobre	7,7
Fluor	17,3
Hidrogênio	13,5
Hélio	24,5
Ferro	7,8
Potássio	4,3
Nitrogênio	14,5

Gás ou vapor	eV
Sódio	5,1
Níquel	7,6
Oxigênio	13,6
Silício	8,1
Tungstênio	8,1
CO	14,1
H ₂	15,6
H ₂ O	12,6
N ₂	15,5
O ₂	12,5

FIGURE 6-4 The effect of argon and helium gas on the arc length and arc voltage.

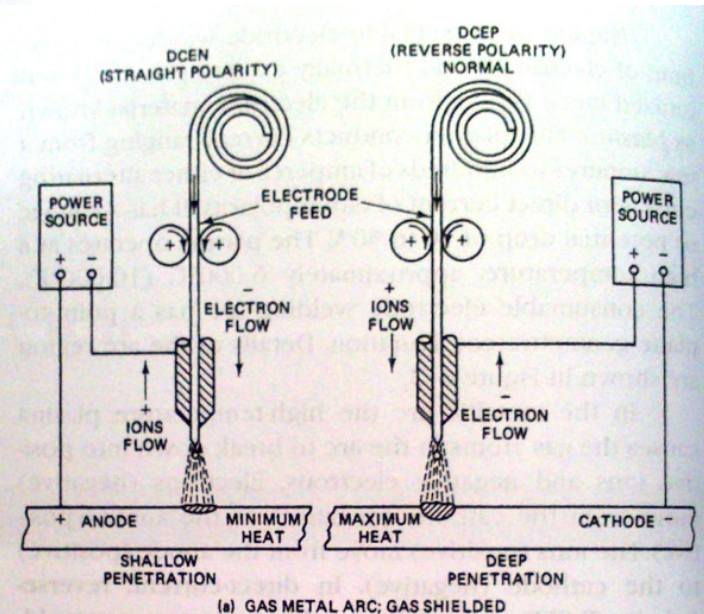
ELETRODO CONSUMÍVEL: EFEITO DA POLARIDADE

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM



(b)

FIGURE 6-7B The relationship between melt-off rates and polarity for gas metal arc welding.



ELETRODO CONSUMÍVEL: EFEITO DO Ø ELETRODO

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

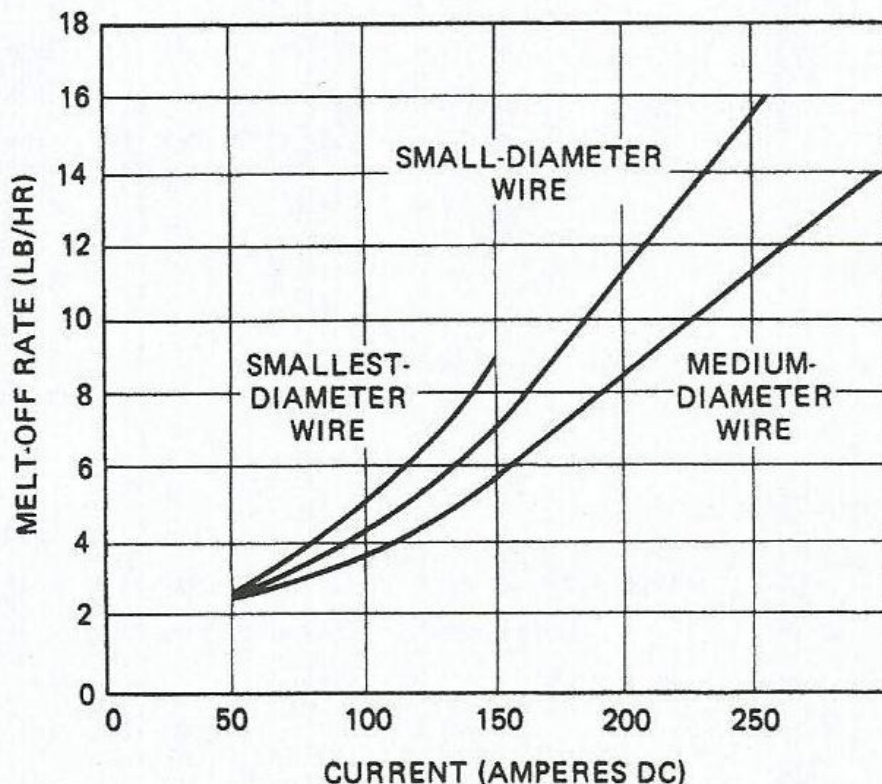


FIGURE 6-8 Melt-off rate versus welding current (DCEP).