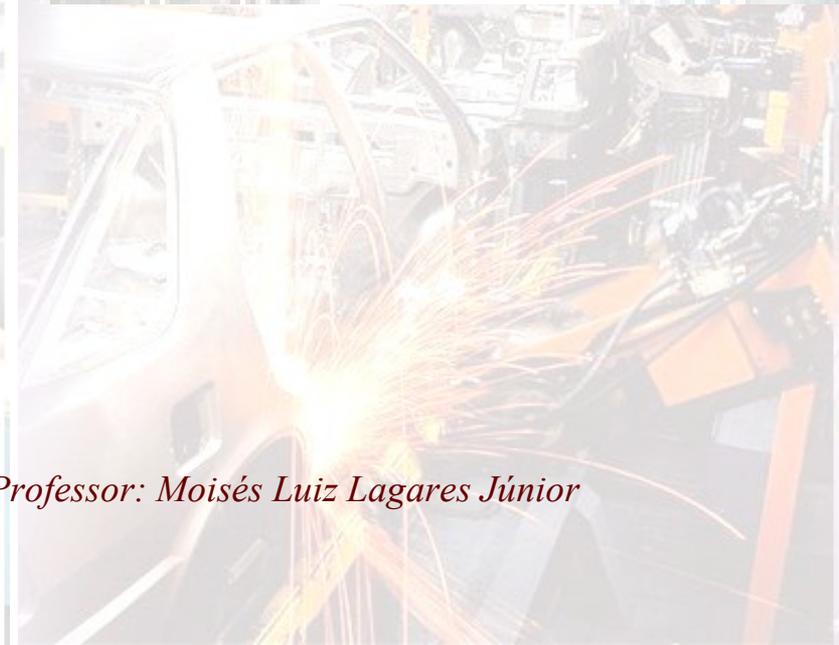


PROCESSOS DE FABRICAÇÃO III SOLDAGEM

FONTES DE ENERGIA PARA SOLDAGEM



Professor: Moisés Luiz Lagares Júnior

HISTÓRICO

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

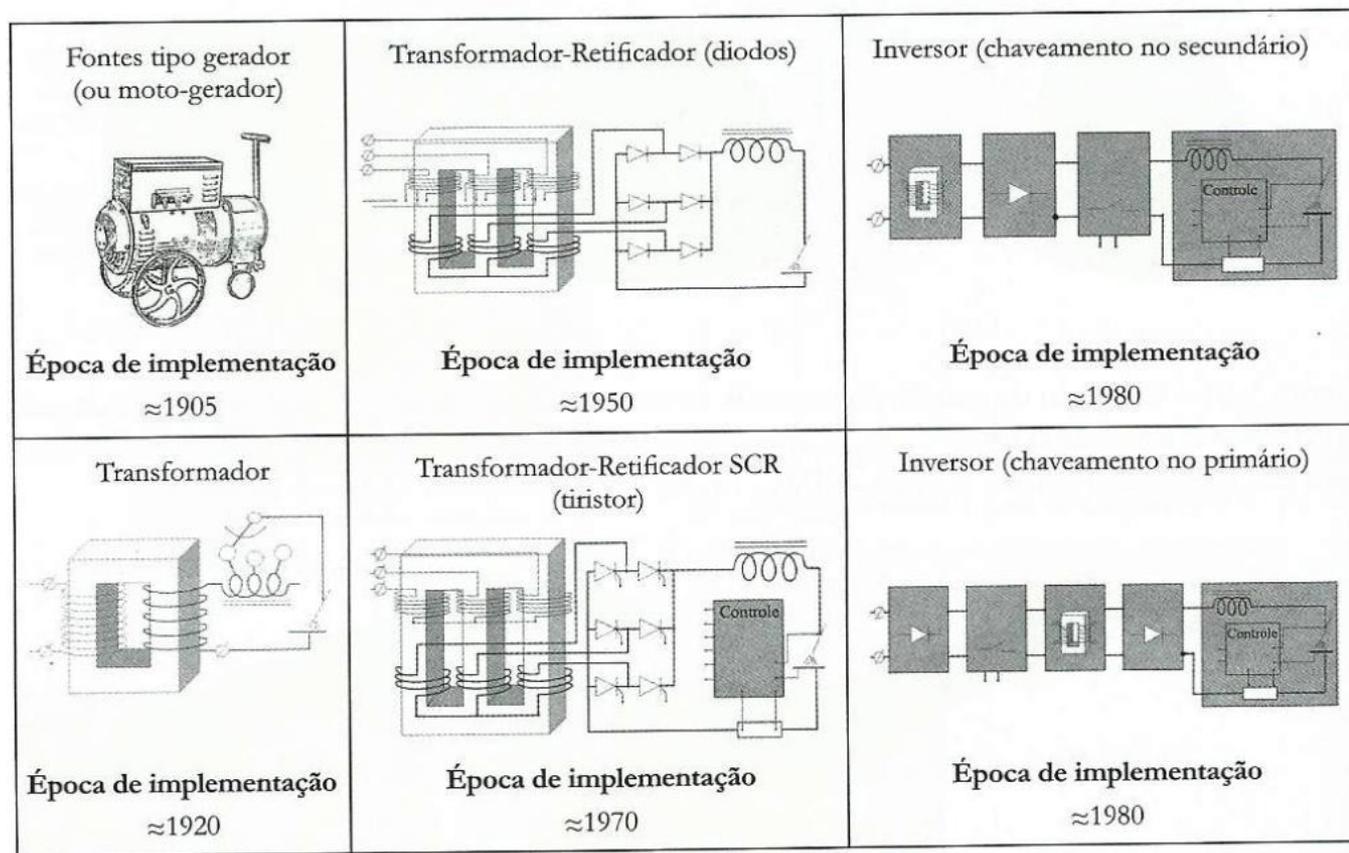


Figura 1.18 – Evolução temporal do desenvolvimento dos principais tipos de fontes para soldagem MIG/MAG

CLASSIFICAÇÃO DAS FONTES

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

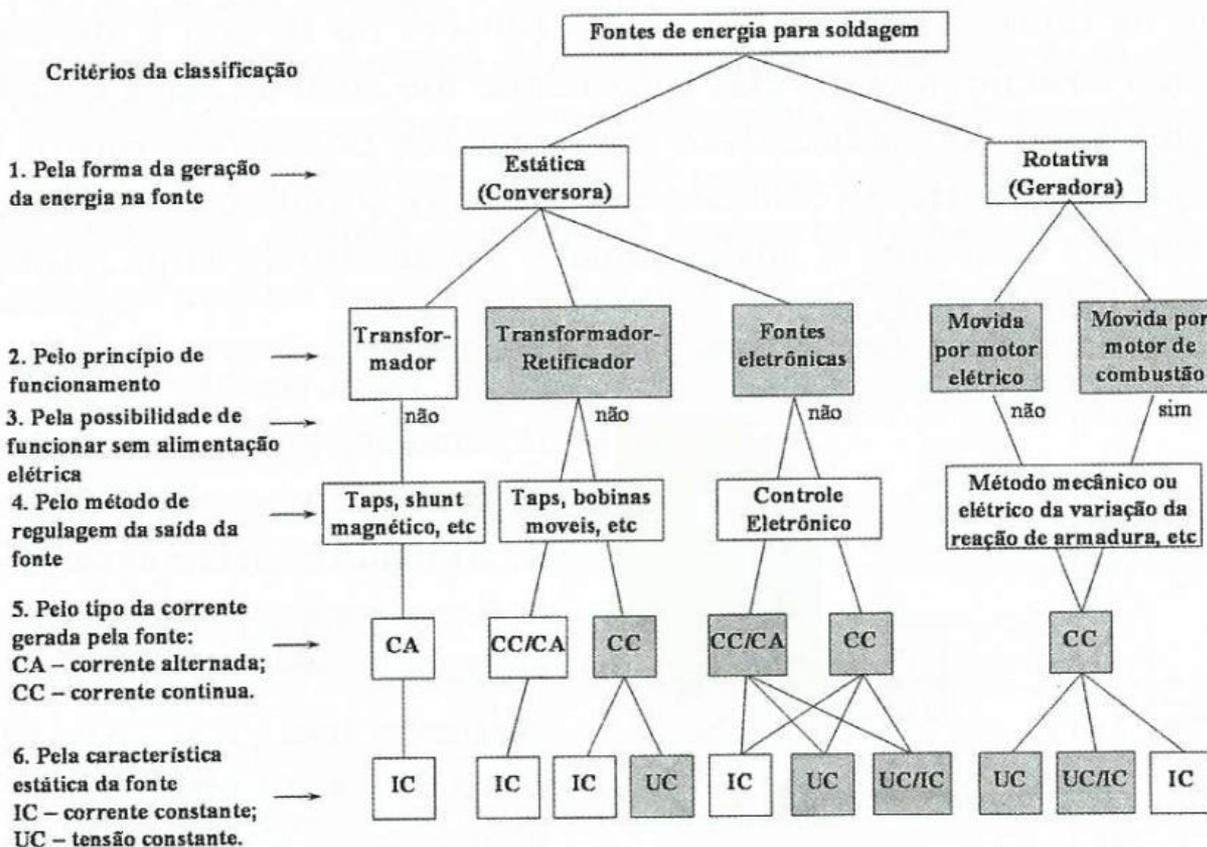


Figura 1.22 – Classificação de fontes para soldagem baseada em diferentes critérios. As fontes que se utilizam para a soldagem MIG/MAG estão marcadas em cinza

FONTE TIPO GERADOR

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM



<p>Fontes tipo gerador (ou moto-gerador)</p> <p>Época de implementação ≈1905</p>	<p>Transformador-Retificador (diodos)</p> <p>Época de implementação ≈1950</p>	<p>Inversor (chaveamento no secundário)</p> <p>Época de implementação ≈1980</p>
<p>Transformador</p> <p>Época de implementação ≈1920</p>	<p>Transformador-Retificador SCR (tristor)</p> <p>Época de implementação ≈1970</p>	<p>Inversor (chaveamento no primário)</p> <p>Época de implementação ≈1980</p>

Figura 1.18 – Evolução temporal do desenvolvimento dos principais tipos de fontes para soldagem MIG/MAG



FONTE TIPO TRANSFORMADOR

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

<p>Fontes tipo gerador (ou moto-gerador)</p> <p>Época de implementação ≈ 1905</p>	<p>Transformador-Retificador (diodos)</p> <p>Época de implementação ≈ 1950</p>	<p>Inversor (chaveamento no secundário)</p> <p>Época de implementação ≈ 1980</p>
<p>Transformador</p> <p>Época de implementação ≈ 1920</p>	<p>Transformador-Retificador SCR (tristor)</p> <p>Época de implementação ≈ 1970</p>	<p>Inversor (chaveamento no primário)</p> <p>Época de implementação ≈ 1980</p>

Figura 1.18 – Evolução temporal do desenvolvimento dos principais tipos de fontes para soldagem MIG/MAG

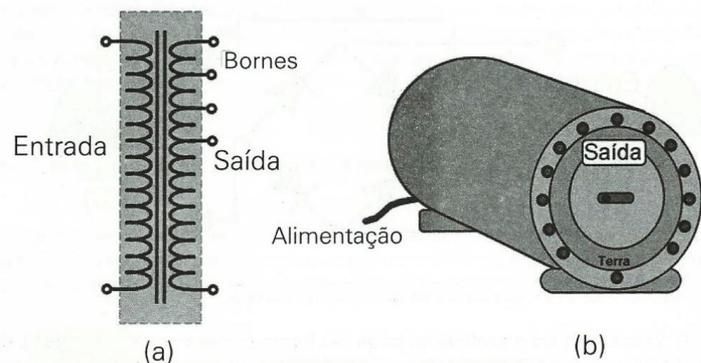


Figura 7
(a) Diagrama de uma fonte tipo transformador com ajuste de saída por "taps" e (b) desenho esquemático de uma fonte deste tipo

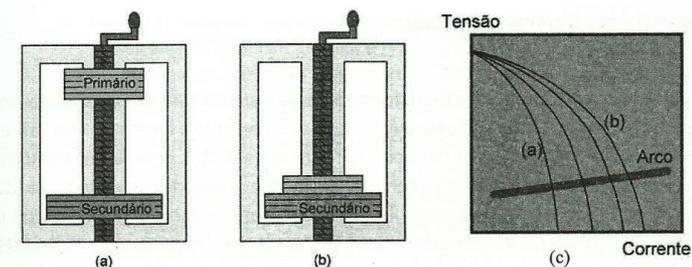


Figura 8
Ajuste de uma fonte tipo transformador de bobina móvel para saída de corrente, (a) mínima (b) máxima. (c) Curvas características resultantes

FONTE TIPO TRANSFORMADOR RETIFICADOR (DIODO)

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM



<p>Fontes tipo gerador (ou moto-gerador)</p> <p>Época de implementação ≈1905</p>	<p>Transformador-Retificador (diodos)</p> <p>Época de implementação ≈1950</p>	<p>Inversor (chaveamento no secundário)</p> <p>Época de implementação ≈1980</p>
<p>Transformador</p> <p>Época de implementação ≈1920</p>	<p>Transformador-Retificador SCR (tristor)</p> <p>Época de implementação ≈1970</p>	<p>Inversor (chaveamento no primário)</p> <p>Época de implementação ≈1980</p>

Figura 1.18 – Evolução temporal do desenvolvimento dos principais tipos de fontes para soldagem MIG/MAG

Fonte de energia trifásica para soldagem com eletrodos revestidos e processo TIG em corrente contínua (DC)

FUNCIONAMENTO BÁSICO DE UM DIODO

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

Diode:

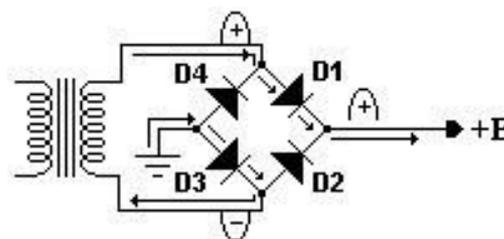
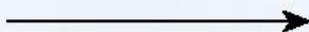
Diagram
equivivalent:



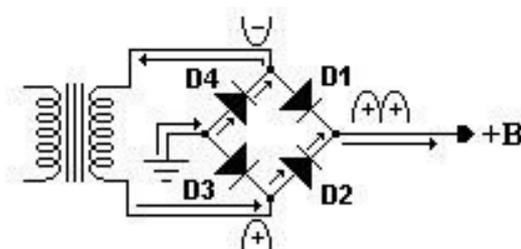
Real life
image:



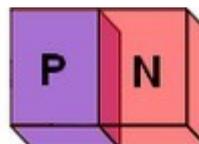
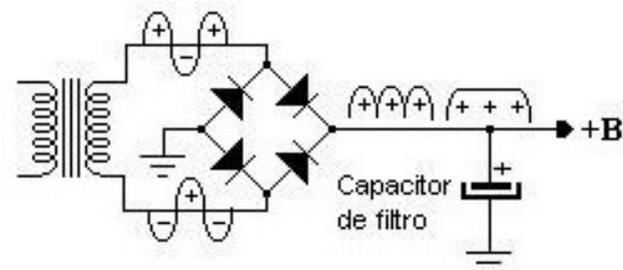
Current flow:



D1 e D3 conduzem
D2 e D4 cortam

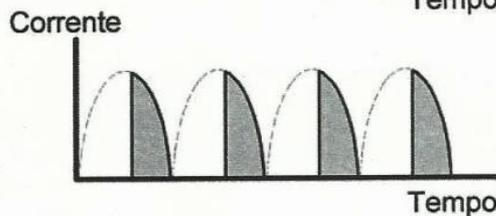
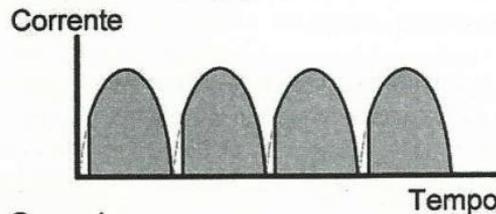
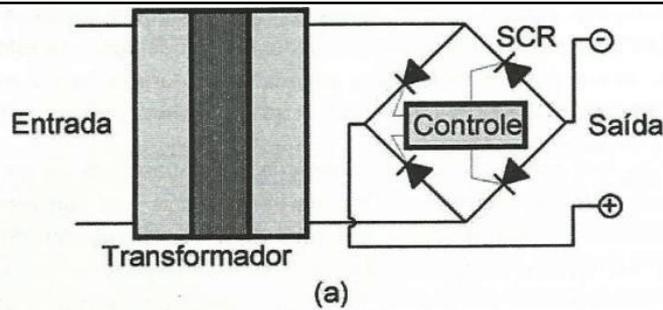


D2 e D4 conduzem
D1 e D3 cortam



FONTE TIPO TRANSFORMADOR RETIFICADOR (TIRISTOR)

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM



<p>Fontes tipo gerador (ou moto-gerador)</p> <p>Época de implementação ≈1905</p>	<p>Transformador-Retificador (diodos)</p> <p>Época de implementação ≈1950</p>	<p>Inversor (chaveamento no secundário)</p> <p>Época de implementação ≈1980</p>
<p>Transformador</p> <p>Época de implementação ≈1920</p>	<p>Transformador-Retificador SCR (tiristor)</p> <p>Época de implementação ≈1970</p>	<p>Inversor (chaveamento no primário)</p> <p>Época de implementação ≈1980</p>

Figura 1.18 – Evolução temporal do desenvolvimento dos principais tipos de fontes para soldagem MIG/MAG

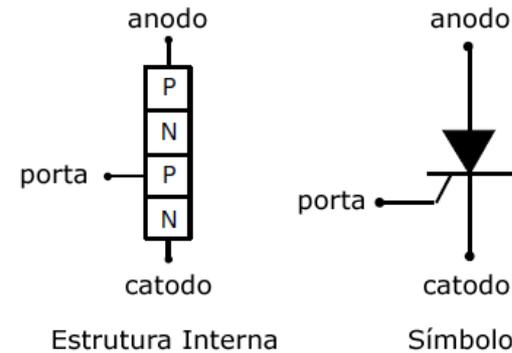


Figura 11
(a) Diagrama esquemático de uma fonte tiristorizada monofásica. (b) Efeito do tempo de disparo do tiristor na forma de onda da corrente de saída

Controle tiristorizado pode ser utilizado em fontes para SMAW CC, GMAW, GTAW pulsado ou CA quadrada (SCR – Retificador Controlado de Silício)

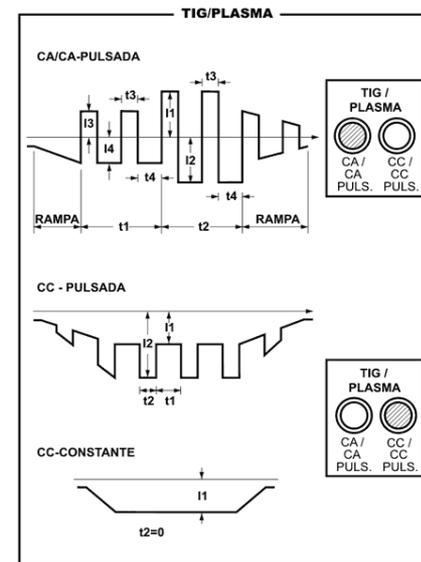
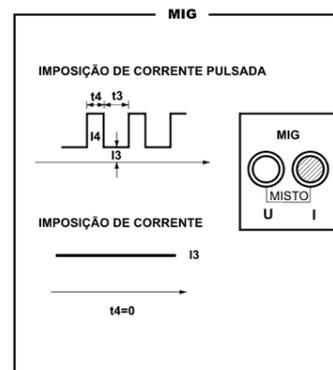
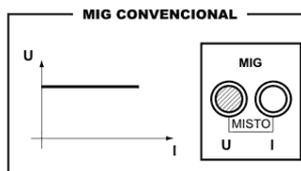
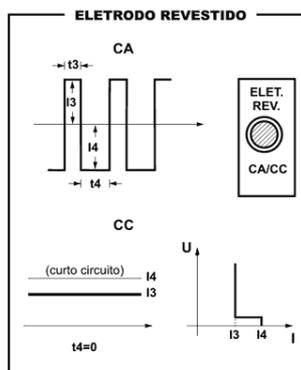
INVERSORAS

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM



<p>Fontes tipo gerador (ou moto-gerador)</p> <p>Época de implementação ≈1905</p>	<p>Transformador-Retificador (diodos)</p> <p>Época de implementação ≈1950</p>	<p>Inversor (chaveamento no secundário)</p> <p>Época de implementação ≈1980</p>
<p>Transformador</p> <p>Época de implementação ≈1920</p>	<p>Transformador-Retificador SCR (tristor)</p> <p>Época de implementação ≈1970</p>	<p>Inversor (chaveamento no primário)</p> <p>Época de implementação ≈1980</p>

Figura 1.18 – Evolução temporal do desenvolvimento dos principais tipos de fontes para soldagem MIG/MAG



INVERSORAS

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

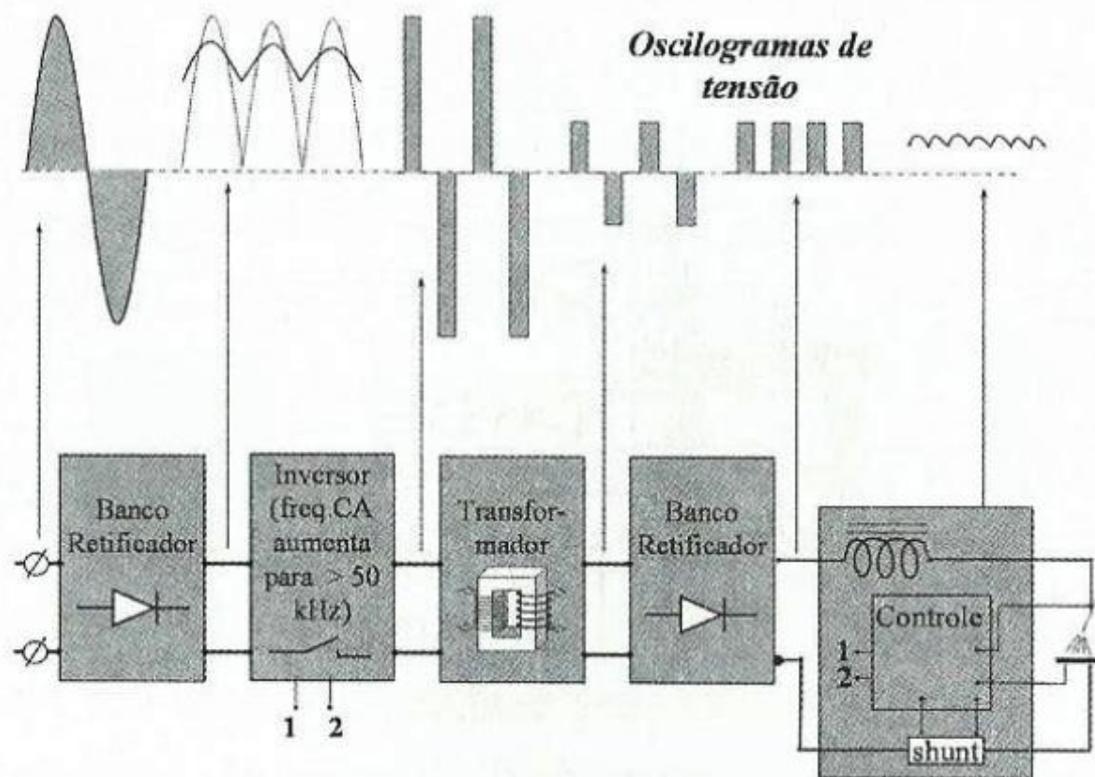


Figura 1.20 – Representação esquematizada de uma fonte chaveada no primário (inversora)

INVERSORAS

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

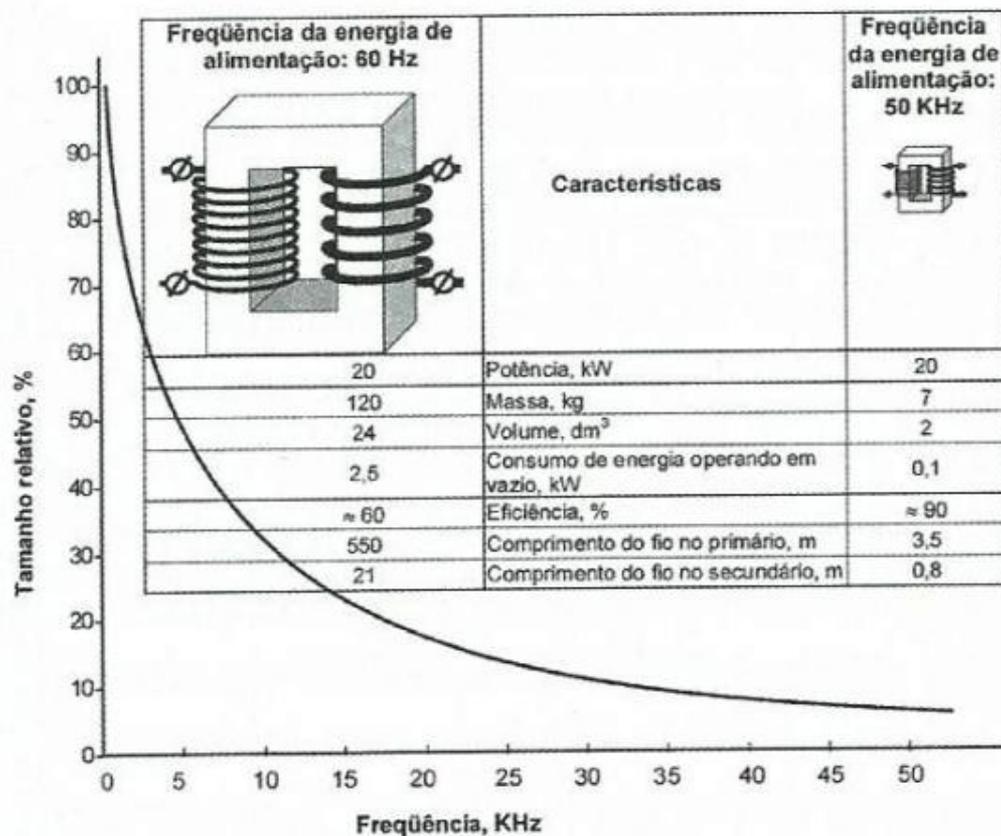


Figura 1.21 – Ilustração das vantagens do uso das fontes inversoras sobre as fontes convencionais, sobretudo pela influência da frequência do sinal de entrada no transformador sobre seu tamanho

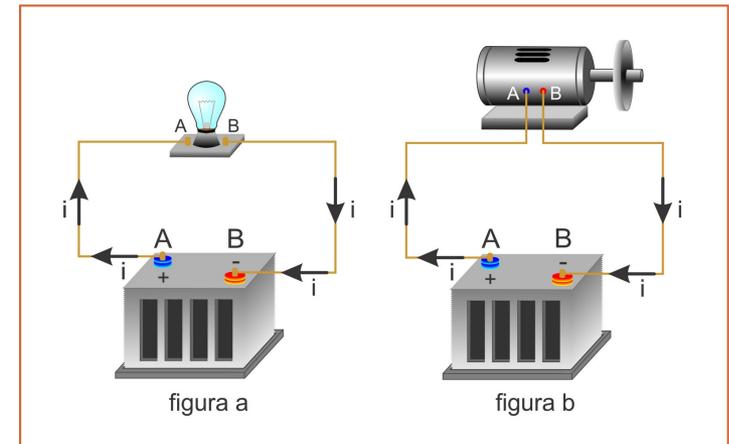
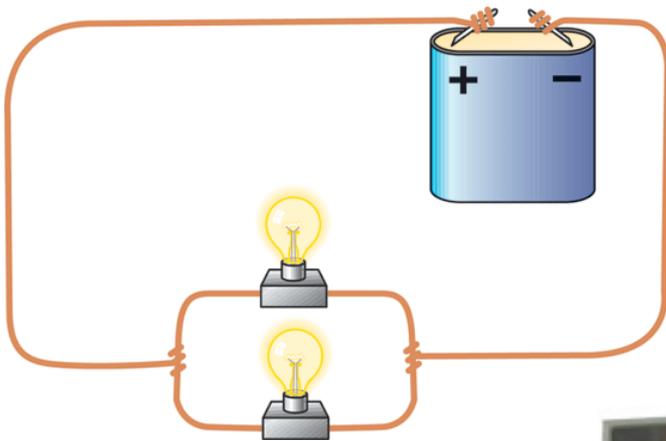
INVERSORAS

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM



CEF – CARACTERÍSTICA ESTÁTICA DA FONTE

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM



“Comportamento em regime da mesma quando submetida a diferentes cargas (resistivas, capacitivas ou indutivas).”

CEF – CARACTERÍSTICA ESTÁTICA DA FONTE

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

Fonte Tensão Constante:

- Permite a regulação da tensão de trabalho
- Tensão de trabalho relativamente constante
- Variação menor que 7V/100A ($\Delta U/\Delta I < 7V/100A$)

Fonte Corrente Constante:

- Permite a regulação da corrente de trabalho
- Corrente de trabalho relativamente constante
- Variação maior que 7V/100A ($\Delta U/\Delta I > 7V/100A$)

CEF – CARACTERÍSTICA ESTÁTICA DA FONTE

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

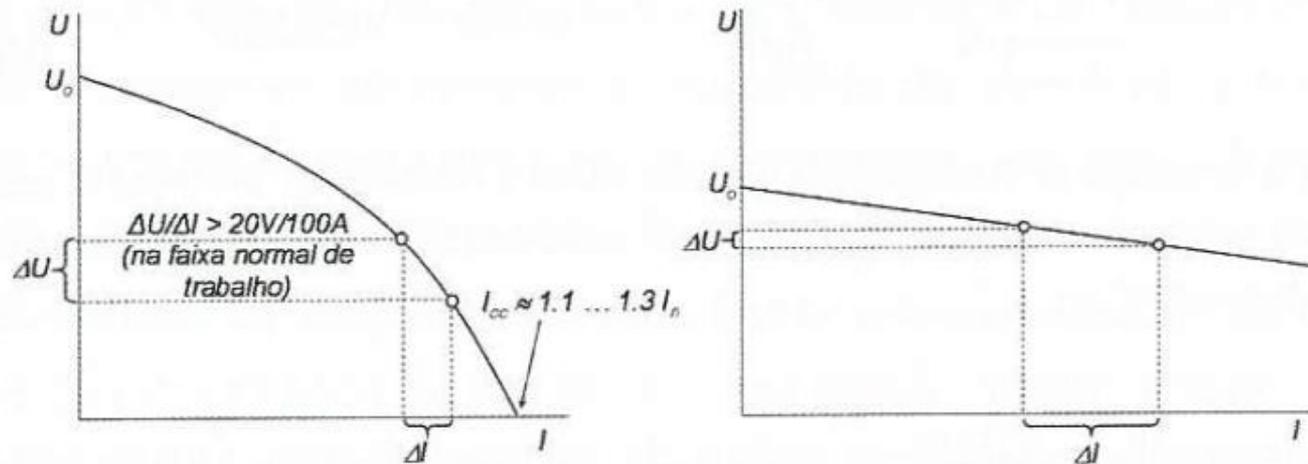


Figura 1.24 – Características principais de CEF do tipo Corrente Constante (à esquerda) e do tipo Tensão Constante (à direita); I_{cc} significa a corrente estática atingida quando se coloca a fonte em curto-circuito, enquanto U_0 se refere à denominada tensão em vazio de uma fonte

CEF – CARACTERÍSTICA ESTÁTICA DA FONTE

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

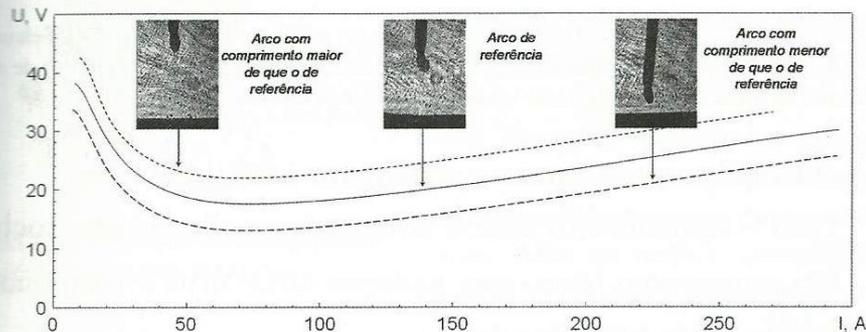


Figura 1.7 – Representação esquemática de Características Estáticas de Arcos (CEA) para diferentes comprimentos de arco

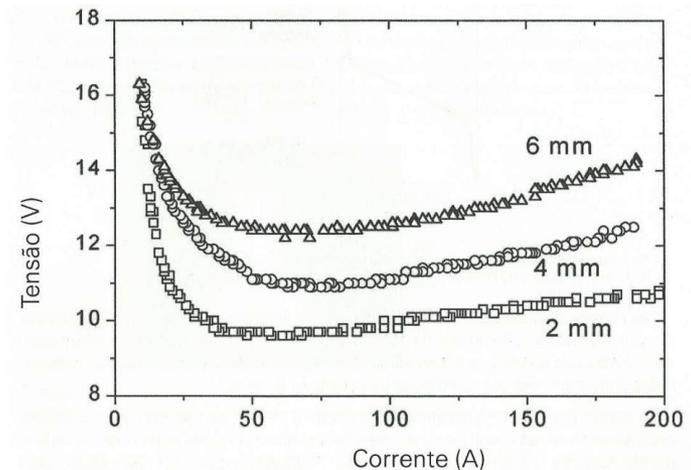


Figura 3 Curvas características estáticas do arco entre um eletrodo de tungstênio e um anodo do cobre para diferentes comprimentos de arco

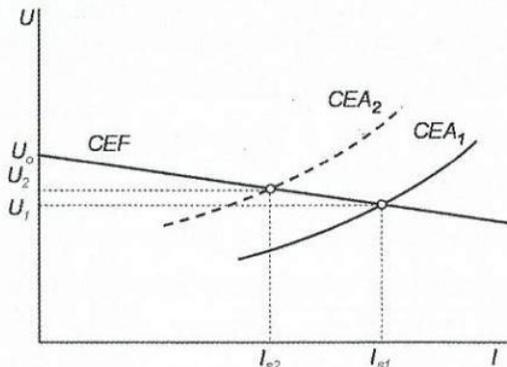
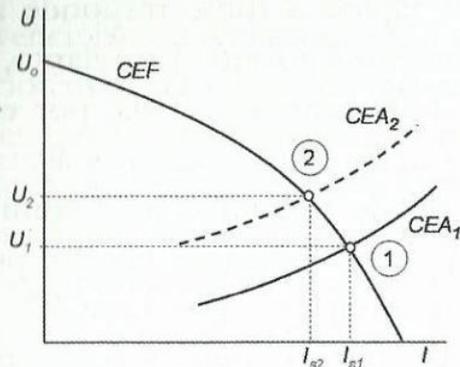


Figura 1.26 – Representação esquemática de pontos de trabalho em fontes do tipo corrente constante (à esquerda) e tensão constante (à direita). Linhas pontilhadas representam arcos de maior comprimento do que os de linhas cheias

CEF – CARACTERÍSTICA ESTÁTICA DA FONTE

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

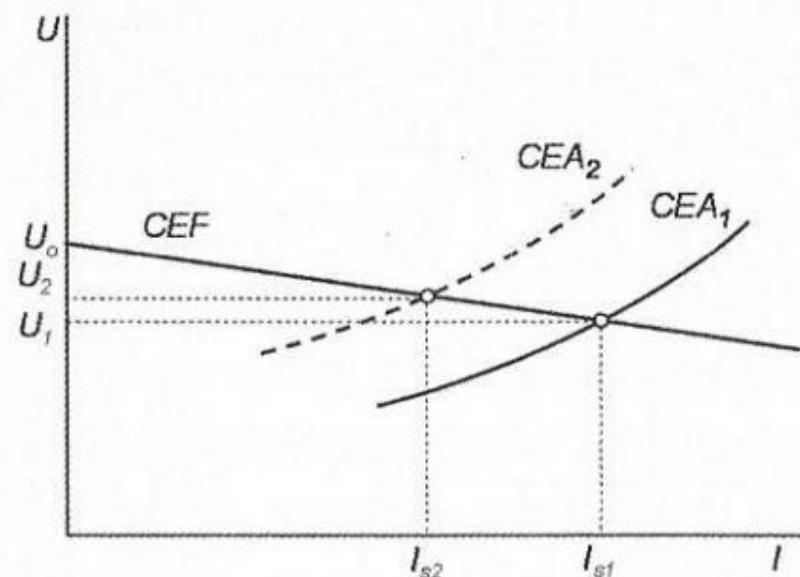
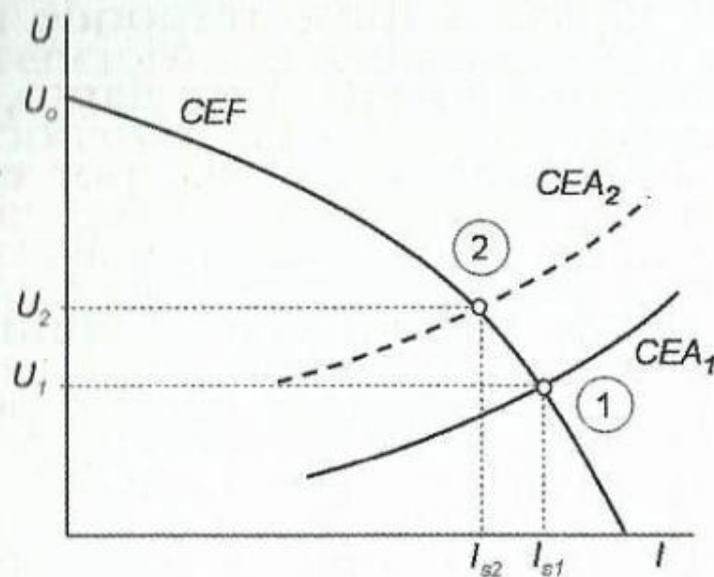


Figura 1.26 – Representação esquemática de pontos de trabalho em fontes do tipo corrente constante (à esquerda) e tensão constante (à direita). Linhas pontilhadas representam arcos de maior comprimento do que os de linhas cheias

CEF – CARACTERÍSTICA ESTÁTICA DA FONTE

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

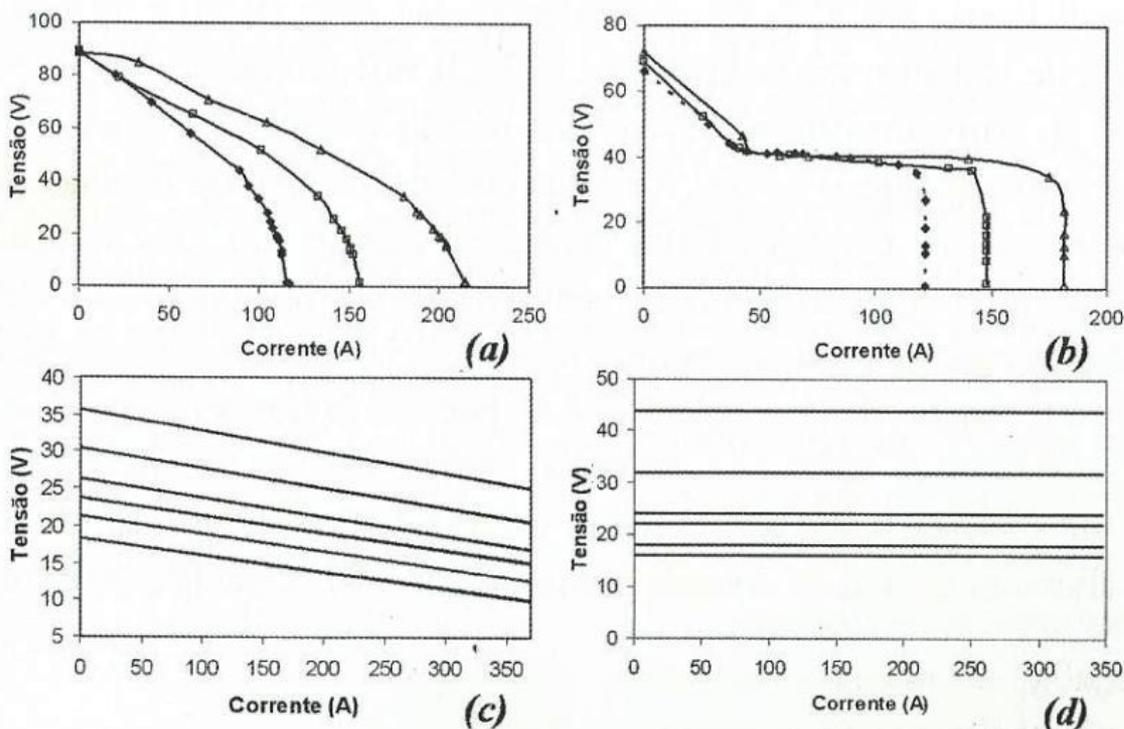


Figura 1.25 – Características Estáticas de Fontes (CEF) comerciais levantadas em laboratório: convencional (a) e inversora (b) do tipo corrente constante; convencional (c) e tiristorizada (d) do tipo tensão constante

CEF – CARACTERÍSTICA ESTÁTICA DA FONTE

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

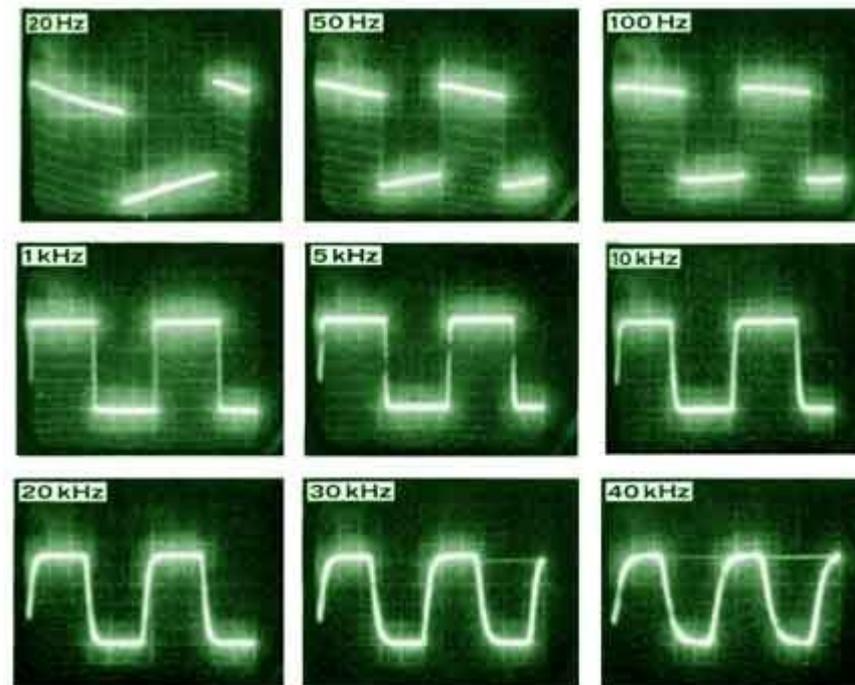
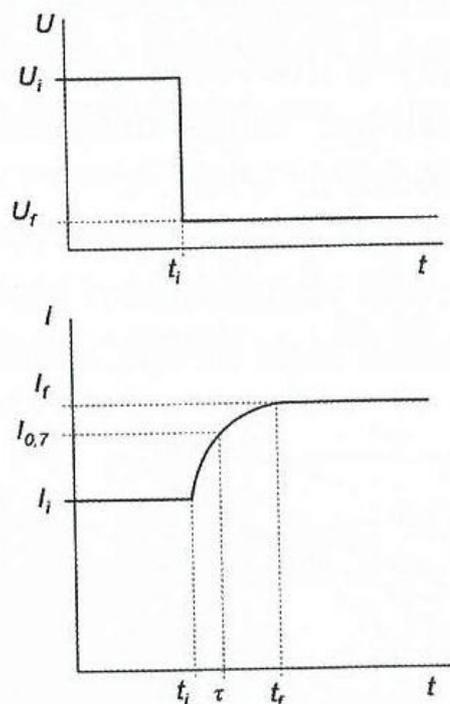


Figura 1.27 – Representação esquemática das características dinâmicas de uma fonte de soldagem ($I \times t$ e $U \times t$) submetida a uma variação repentina da carga

“Não confundir CEF com característica dinâmica, a qual determina a resposta da fonte quanto aos comportamentos transientes da corrente e da tensão em relação ao tempo.”

CEF – CARACTERÍSTICA ESTÁTICA DA FONTE

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

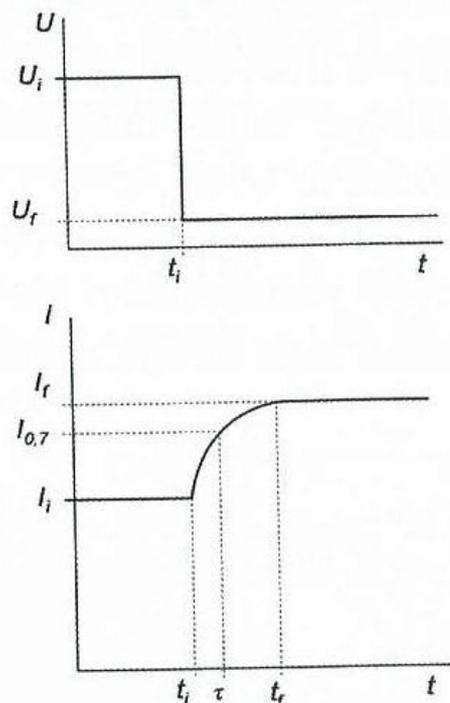


Figura 1.27 – Representação esquemática das características dinâmicas de uma fonte de soldagem ($I \times t$ e $U \times t$) submetida a uma variação repentina da carga

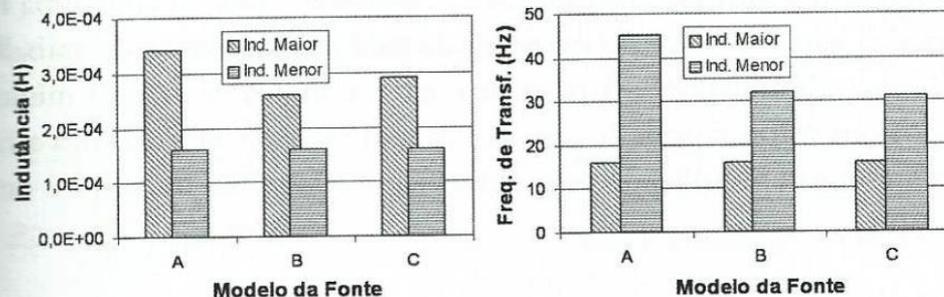


Figura 1.28 – Valores determinados de indutância para três fontes comerciais diferentes (A, B e C) que permitiam a regulagem em dois níveis de indutância (menor e maior) de forma escalonada e a consequência desta regulagem sobre a frequência de transferência de gotas em soldagem MIG/MAG por curto-circuito

“A indutância do sistema (fonte + cabos + arco) é que define a velocidade de resposta de uma fonte e a visualização da característica dinâmica se dá em gráficos de corrente e/ou tensão versus tempo, comumente chamados de **oscilogramas**.”

CEF – CARACTERÍSTICA ESTÁTICA DA FONTE

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

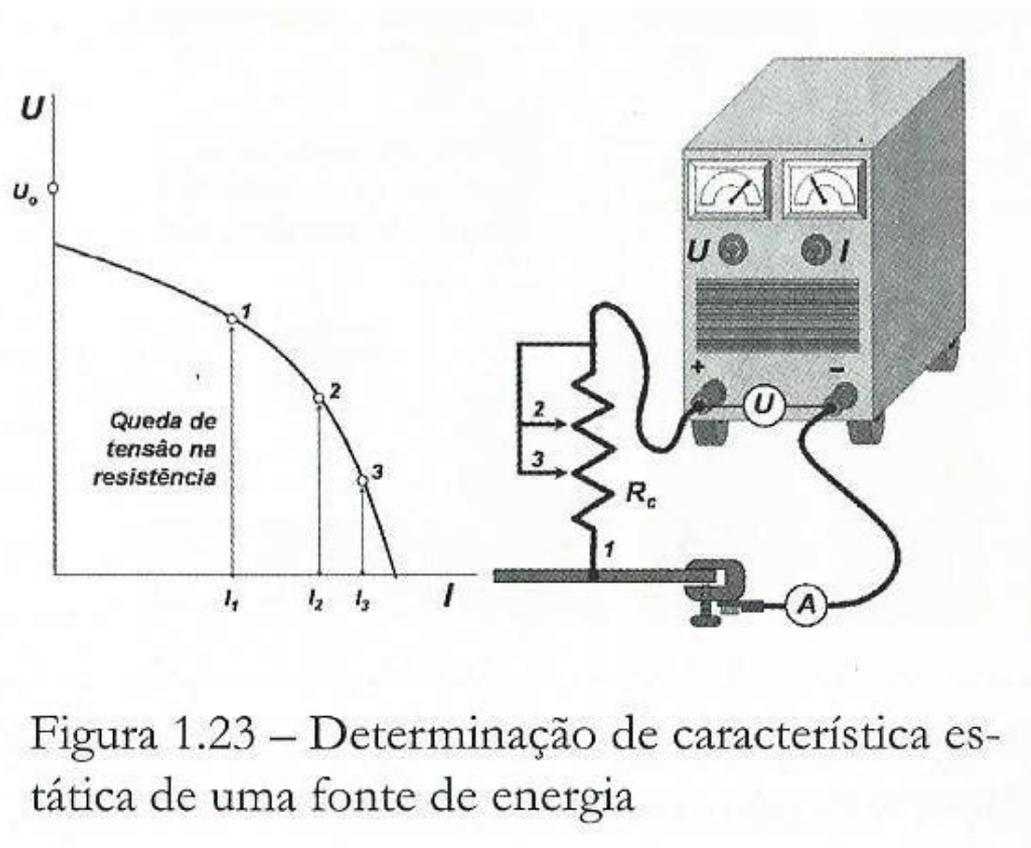


Figura 1.23 – Determinação de característica estática de uma fonte de energia

FATOR DE TRABALHO E FAIXA DE CORRENTE

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

$$FT = 100 \times \frac{\text{tempo de arco}}{\text{Tempo base de funcionamento (10 minutos)}}$$

Fabricante	Type: <i>Nome</i>				
	Art.Nr. 4.075.018				
	S.N. 08520004				
		ISO/IEC 974-1 EN 50 199			
		3A/20,1V - 450A/38V			
Processos de soldagem	U ₀ 50-80V	X(40°C)	%	60%	100%
		I ₂	A	450A	360A
Tensão em vazio		U ₁		I _{1 max}	I _{1 eff}
Parâmetros de rede de alimentação		380V	⊕ 32A	34A	26A
	400V	⊕ 32A	32A	25A	
	415V	⊕ 25A	31A	24A	
	3- 50-60Hz				
	IP 23				
				CE	

Figura 1.30 - Uma placa típica de identificação de um equipamento para soldagem MIG/MAG

PADRÃO INTERNACIONAL/SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

Tabela 1.2 – Representações para algumas fontes de energia para soldagem a arco e características elétricas, segundo IEC 60974-1

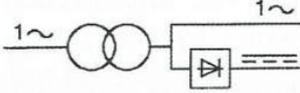
	Transformador
	Transformador-retificador de três fases
	Inversor de três fases
	Fonte de energia combinada CA/CC de uma fase
	Corrente contínua
	Corrente alternada

Tabela 1.3 – Representações para alguns processos de soldagem e de corte a arco, segundo IEC 60974-1

PADRÃO INTERNACIONAL/SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS

Processos de Fabricação III - SOLDAGEM

Tabela 1.3 – Representações para alguns processos de soldagem e de corte a arco, segundo IEC 60974-1



Soldagem a arco com eletrodo revestido (SMAW ou MMA)



Soldagem a arco com eletrodo de tungstênio e proteção de gás inerte (GTAW ou TIG)



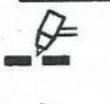
Soldagem a arco com um eletrodo metálico nu e proteção gasosa (GMAW ou MIG/MAG) e Soldagem a arco com arame tubular e proteção gasosa (FCAW)



Soldagem a arco com arame tubular sem proteção gasosa (*self-shielded* FCAW)



Soldagem a arco submerso (SAW)



Corte a arco plasma



Goivagem a plasma