



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
MECÂNICA

Processos de Soldagem

Prof. Dr. ALEXANDRE SALDANHA DO NASCIMENTO
saldanha77@yahoo.com.br
asn@ufpa.br



FÍSICA DO ARCO

ARCO VOLTAICO

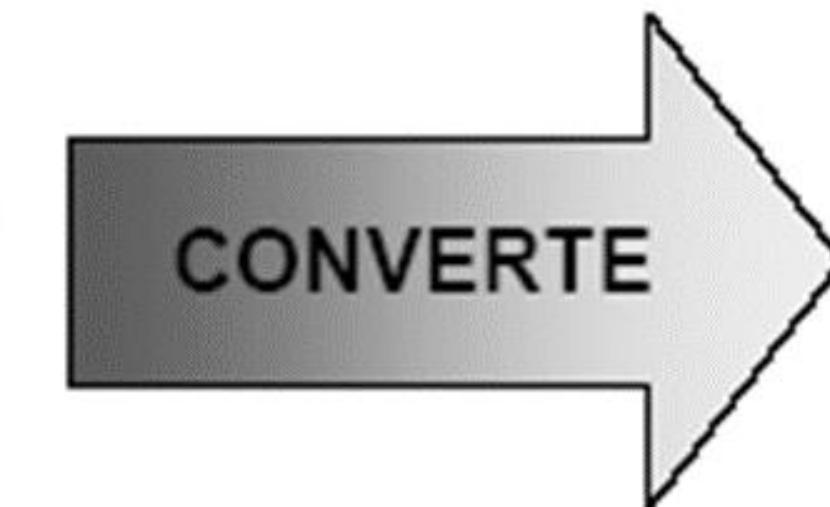
GÁS É
CONDUTOR
ELETRICO?



DEFINIÇÃO: É A PASSAGEM DE UMA GRANDE QUANTIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA ATRAVÉS DE UMA ATMOSFERA INICIALMENTE GASOSA E/OU DE VAPORES METÁLICOS, POSTERIORMENTE IONIZADA, ENTRE DOIS ELETRODOS SUBMETIDOS A UMA DIFERENÇA DE POTENCIAL.



Energia Elétrica
(V. I) t



- Calor
- Luz
- Som
- Outras Radiações

PLASMA

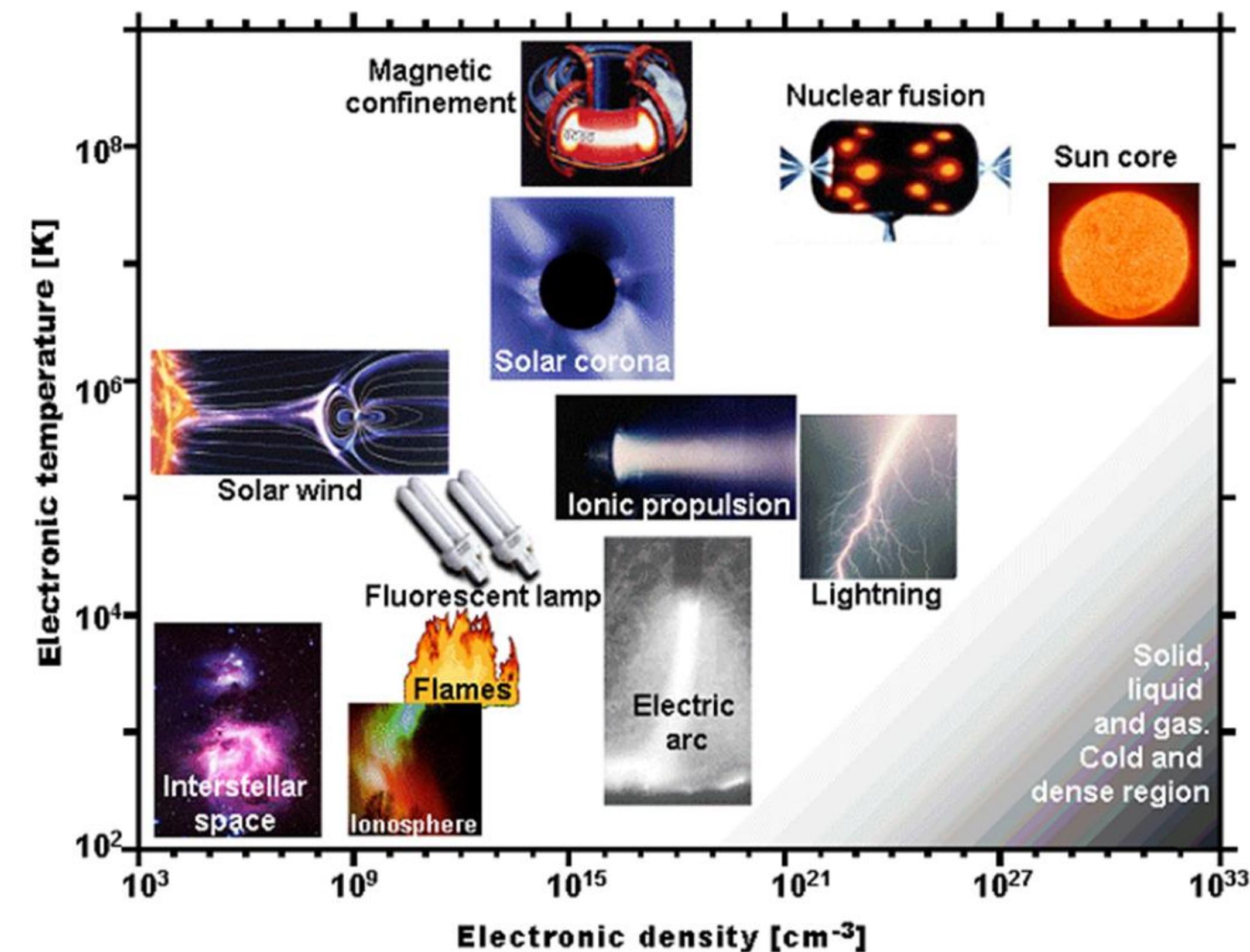
DEFINIÇÃO: É UM “GÁS” IONIZADO, ONDE A DENSIDADE DE ÍONS E ELÉTRONS SÃO ALTAS, PORÉM HÁ EQUILÍBRIO DE CARGAS ELÉTRICAS. CONDUZ CORRENTE.

FATO HISTÓRICO

O TERMO “**PLASMA**” FOI UTILIZADO NA FÍSICA PELA PRIMEIRA VEZ PELO FÍSICO AMERICANO, IRVING LANGMUIR NO ANO DE 1928, QUANDO ESTUDAVA DESCARGAS ELÉTRICAS EM GASES. E EM 1929, IRVING LANGMUIR E LEVI TONKS, ESTUDARAM AS OSCILAÇÕES DE CARGAS NO ESPAÇO, E DERAM O NOME DESTE ESTUDO DE OSCILAÇÕES DE PLASMAS. A PALAVRA PLASMA VEM DA MEDICINA ONDE É UTILIZADA PARA APONTAR PERTURBAÇÃO OU ESTADO NÃO DISTINGUÍVEL.

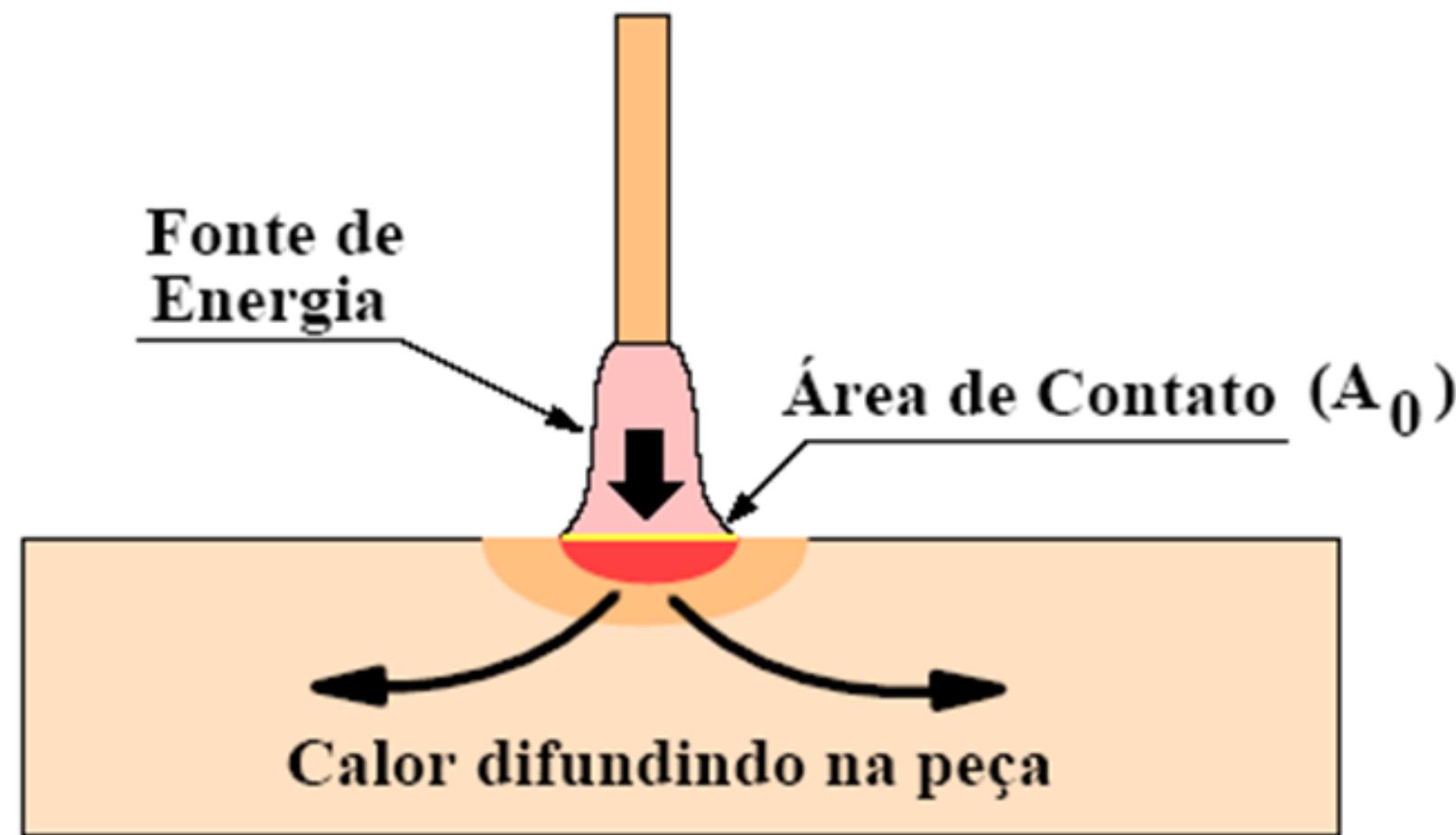
PLASMA

O plasma pode ocorrer em uma ampla faixa de densidade eletrônica e temperatura, conforme mostrado na Figura. A densidade pode variar em 30 ordens de grandeza e a temperatura em mais de 7 ordens de grandeza (Choudhuri, 1998).



ARCO DE SOLDAGEM

DEFINIÇÃO: É UM ARCO VOLTAICO FORMADO ENTRE UM ELETRODO (CONSUMÍVEL OU NÃO) E O MATERIAL A SER SOLDADO.



ATUALMENTE EXISTEM INÚMEROS PROCESSOS DE SOLDAGEM, ENTRE ELES 71% SÃO OS DE SOLDAGEM POR FUSÃO, ONDE OS PROCESSOS POR ARCO ELÉTRICO CORRESPONDEM A 88% DESTE GRUPO.

[vídeo](#)

ARCO DE SOLDAGEM

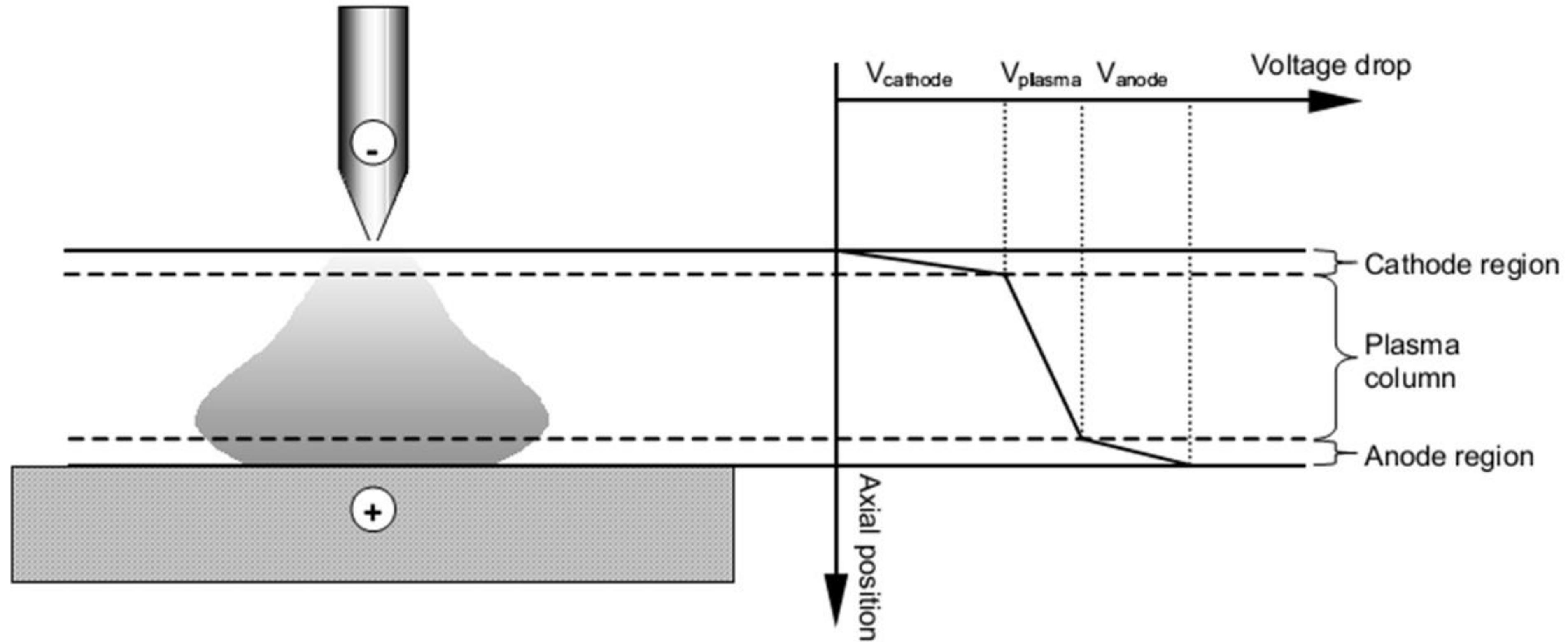
Tabela 2.1(a) Potencial de Ionização de Alguns Gases

Gás	Potencial (eV)
Argônio	15,760 (11,548)
Dióxido de Carbono	13,77
Hidrogênio	15,43
Hidrogênio Atômico	13,598
Hélio	24,5876 (20,9643)
Monóxido de Carbono	14,1
Nitrogênio	15,58
Nitrogênio Atômico	14,534
Oxigênio	12,07
Oxigênio Atômico	13,618

Tabela 2.1(b) Potencial de Ionização de Alguns Vapores Metálicos

Elemento	Potencial (eV)	Elemento	Potencial (eV)
Alumínio (Al)	5,986	Litio (Li)	5,302
Bário (Ba)	5,212	Magnésio (Mg)	7,646
Boro (B)	8,298	Molibdênio (Mo)	7,099
Cálcio (Ca)	6,113	Níquel (Ni)	7,635
Carbono (C)	11,260	Potássio (K)	4,341
Cósio (Co)	3,894	Silício (Si)	8,151
Cobalto (Co)	7,86	Sódio (Na)	5,139
Cobre (Cu)	7,726	Titânio (Ti)	6,82
Cromo (Cr)	6,766	Tungstênio (W)	7,98
Ferro (Fe)	7,870		

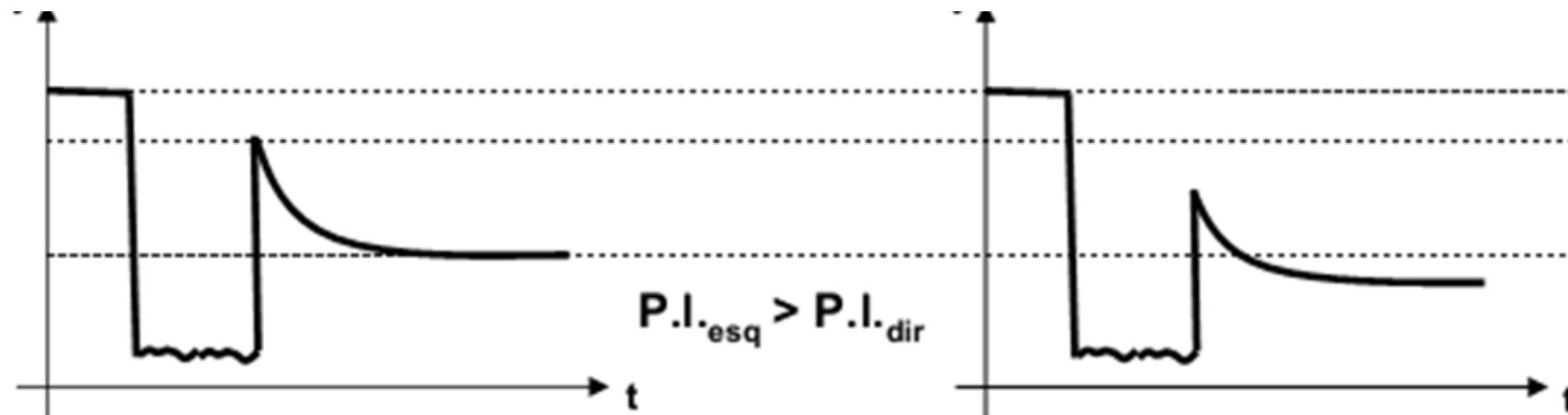
ARCO DE SOLDAGEM



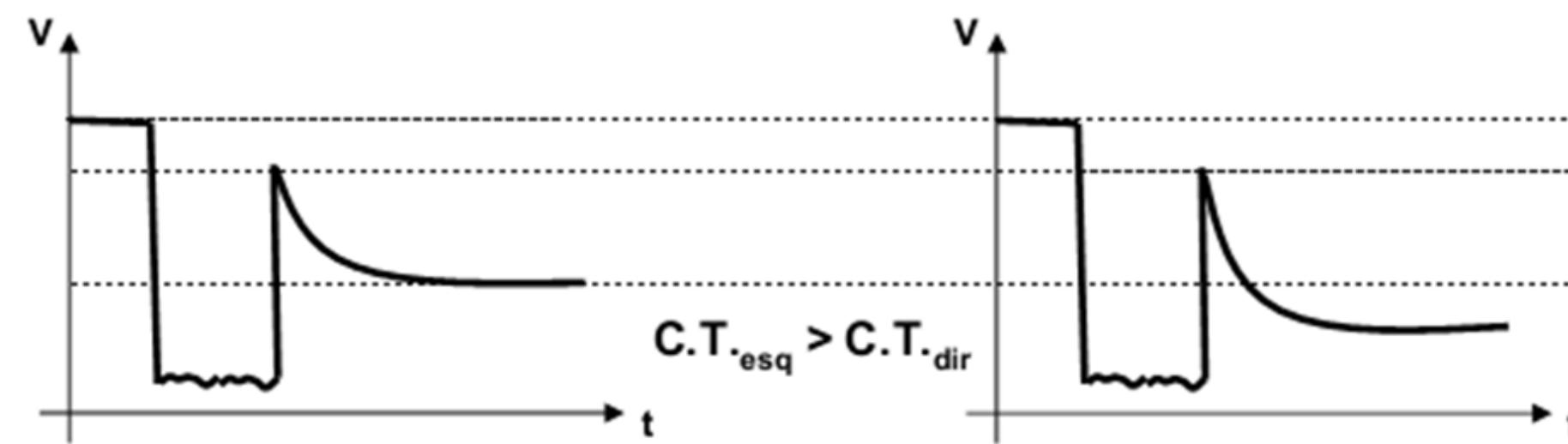
ARCO DE SOLDAGEM

- EFEITO DO POTENCIAL DE IONIZAÇÃO E DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA SOBRE A TENSÃO DO ARCO - ARBERTURA E MANUTENÇÃO (HIPOTÉTICO)

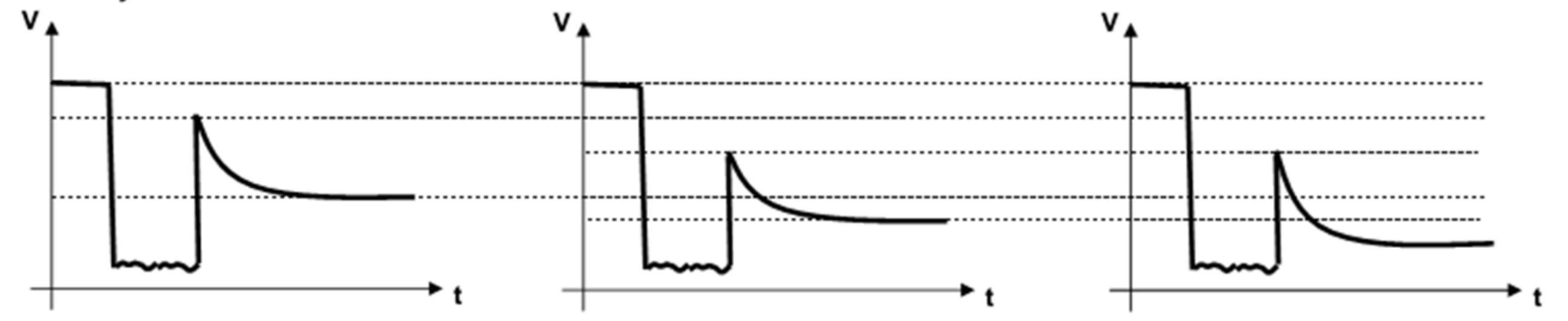
a) Gases com mesma C.T.
e diferente P.I.



b) Gases com mesmo P.I.
e diferente C.T.



c) Efeito conjunto



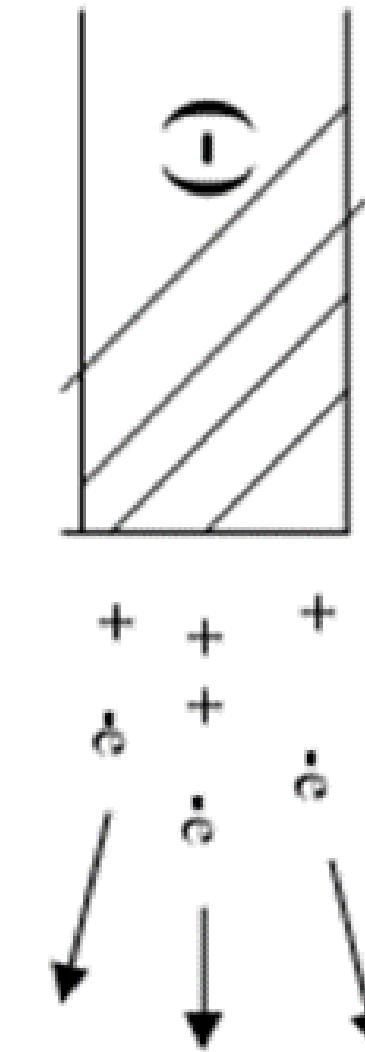
$\text{He} \rightarrow CT \uparrow \text{ e } PI \uparrow$

$\text{CO}_2 \rightarrow CT \uparrow, PI_{\text{CO}_2} \sim PI_{\text{Ar}}, PI_{\text{CO}_2} < PI_{\text{He}}$

$\text{Ar} \rightarrow CT_{\text{Ar}} < CT_{\text{CO}_2}, PI_{\text{Ar}} \sim PI_{\text{CO}_2}$

TIPOS DE EMISSÃO

EMISSÃO TERMOIÔNICA OU CÁTODO QUENTE

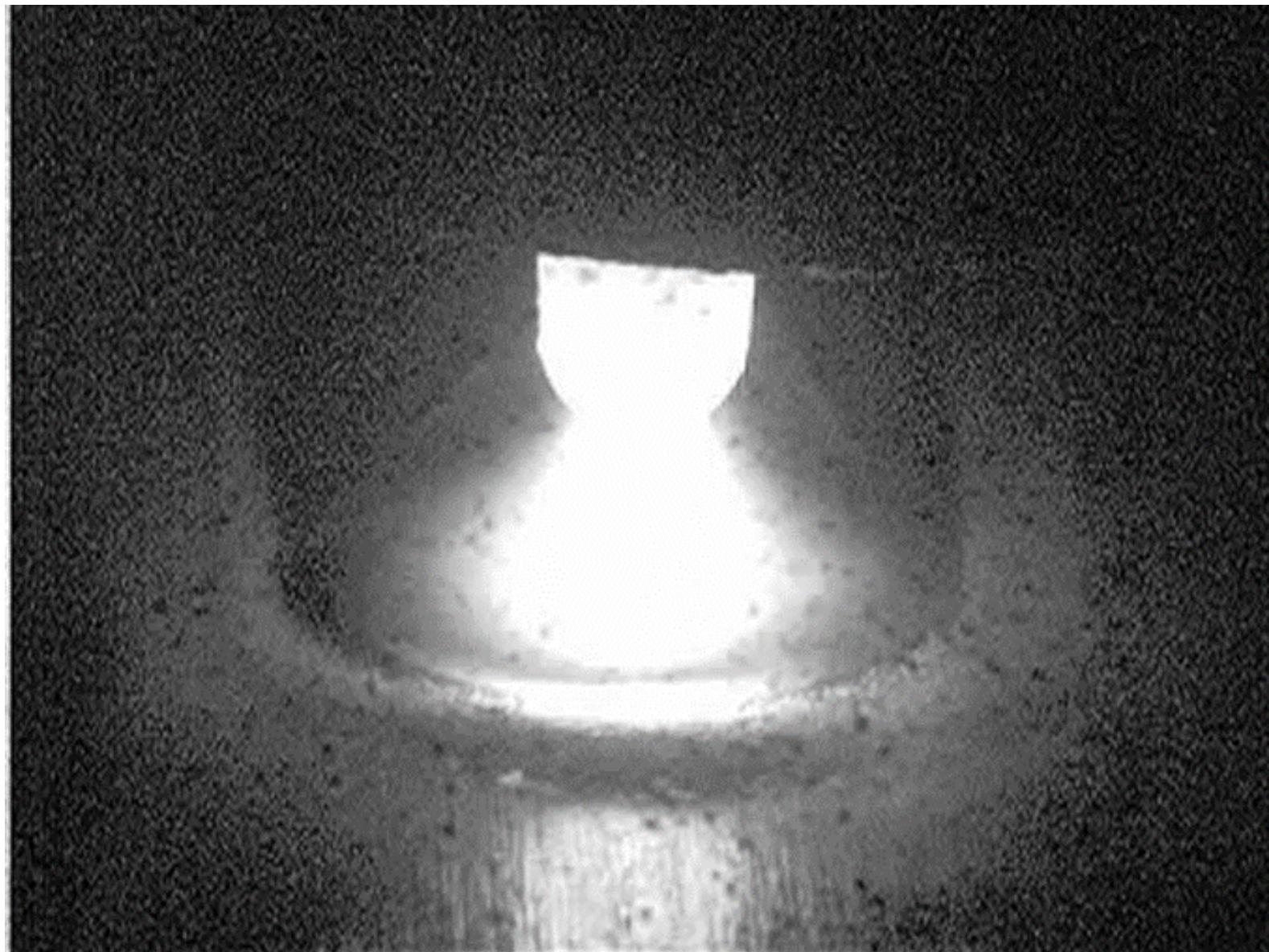


SE O MATERIAL DO CÁTODO FOR REFRATÁRIO (TUNGSTÊNIO), O AQUECIMENTO PODE SER SUFICIENTE PARA EMISSÃO TERMOIÔNICA, SENDO ESSE O PRINCIPAL MECANISMO DE EMISSÃO DE ELÉTRONS PARA ARCOS COM ELETRODOS NÃO CONSUMÍVEIS (CÁTODO QUENTE).

TIPOS DE EMISSÃO

EMISSÃO POR CAMPO OU CÁTODO FRIO

- OS ELÉTRONS PARA SEREM EMITIDOS POR GRADIENTE ELÉTRICO NECESSITAM DE UM ΔV MUITO MAIOR QUE O EXISTENTE.



O CALOR GERADO NAS PEQUENAS ÁREAS FUNDE OS ÓXIDOS, POSSIBILITANDO A EMISSÃO DE ELÉTRONS.

- OUTRAS TEORIAS:
 - OS ELÉTRONS ROMPEM E QUEBRAM A CAMADA DE ÓXIDO;
 - OS ÍONS POSITIVOS CHOCAM A DESTROEM A CAMADA (Ar é + eficiente que He);
 - QUANTO MAIOR A CORRENTE, MAIS PONTOS;
 - APÓS A QUEBRA DOS ÓXIDOS, A ÁREA DEVE SE TORNAR "FRIA" (diminuição do gradiente), VIDA CURTA DE CADA PONTO, DE 1 A 10 MS;
 - SE HOUVER OXIGÊNIO, INSTABILIDADE DO ARCO.
- PONTOS CATÓDICOS SÃO PEQUENOS PONTOS BRILHANTES VAGANDO RAPIDAMENTE PELA SUPERFÍCIES.

TIPOS DE EMISSÃO

Aço ao C
+
Ar/O₂
(oxidante)

Os pontos se formam sobre os mesmos pontos continuamente
⇒ estável.

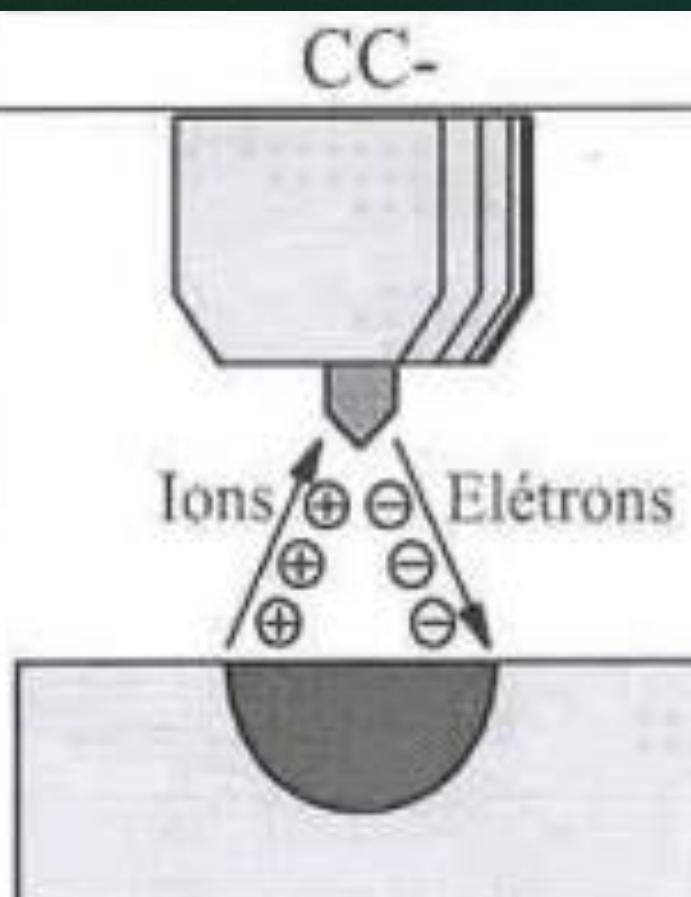
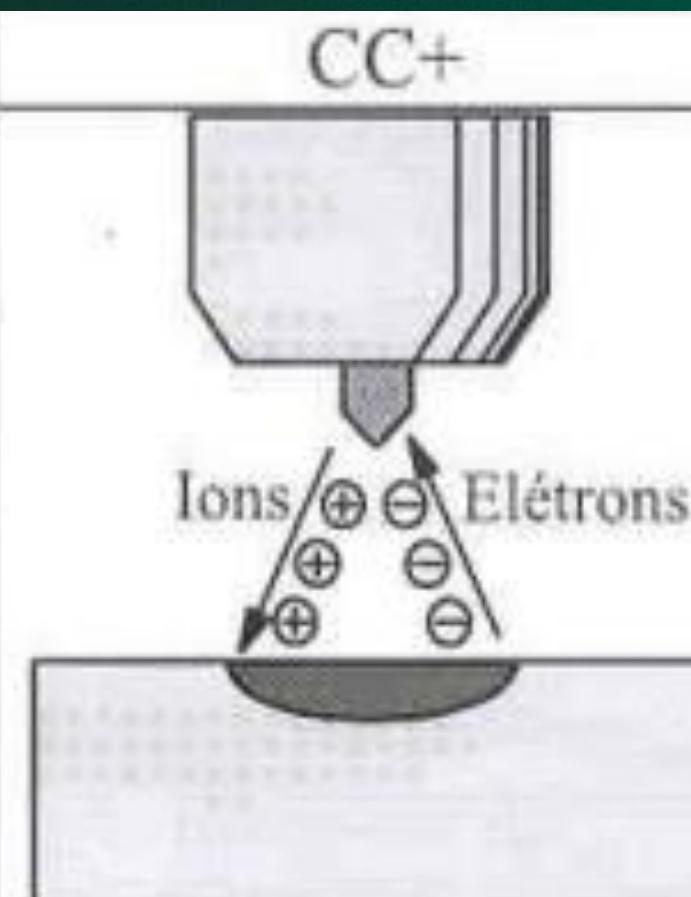
Alumínio
+
TIG Ar puro
(neutro)

Os pontos só acontecem em regiões novas
⇒ limpeza do óxido

OUTROS MECANISMOS SUGERIDOS NA LITERATURA

- Efeito conjunto por campo e termoiônico;
- Emissão eletrônica por captura Auger de íons positivos;
- Emissão eletrônica por fótons;
- Emissão por átomos excitados ou metaestáveis;
- Liberação de elétrons através de filmes óxidos carregados com íons positivos;
- Condução metálica em vapores formados na superfície do cátodo;
- Liberação de íons positivos em vapores formados no cátodo.

BALANÇO DE CALOR ENTRE O ÂNODO E O CÁTODO PARA ELETRODOS NÃO CONSUMÍVEIS

Tipo de Corrente:	CC-	CC+
Fluxo de elétrons e ions:		
Perfil do cordão:		
Limpeza de óxido:	Não	Sim
Balanço de calor (aprox.):	70% na peça 30% no eletrodo	30% na peça 70% no eletrodo

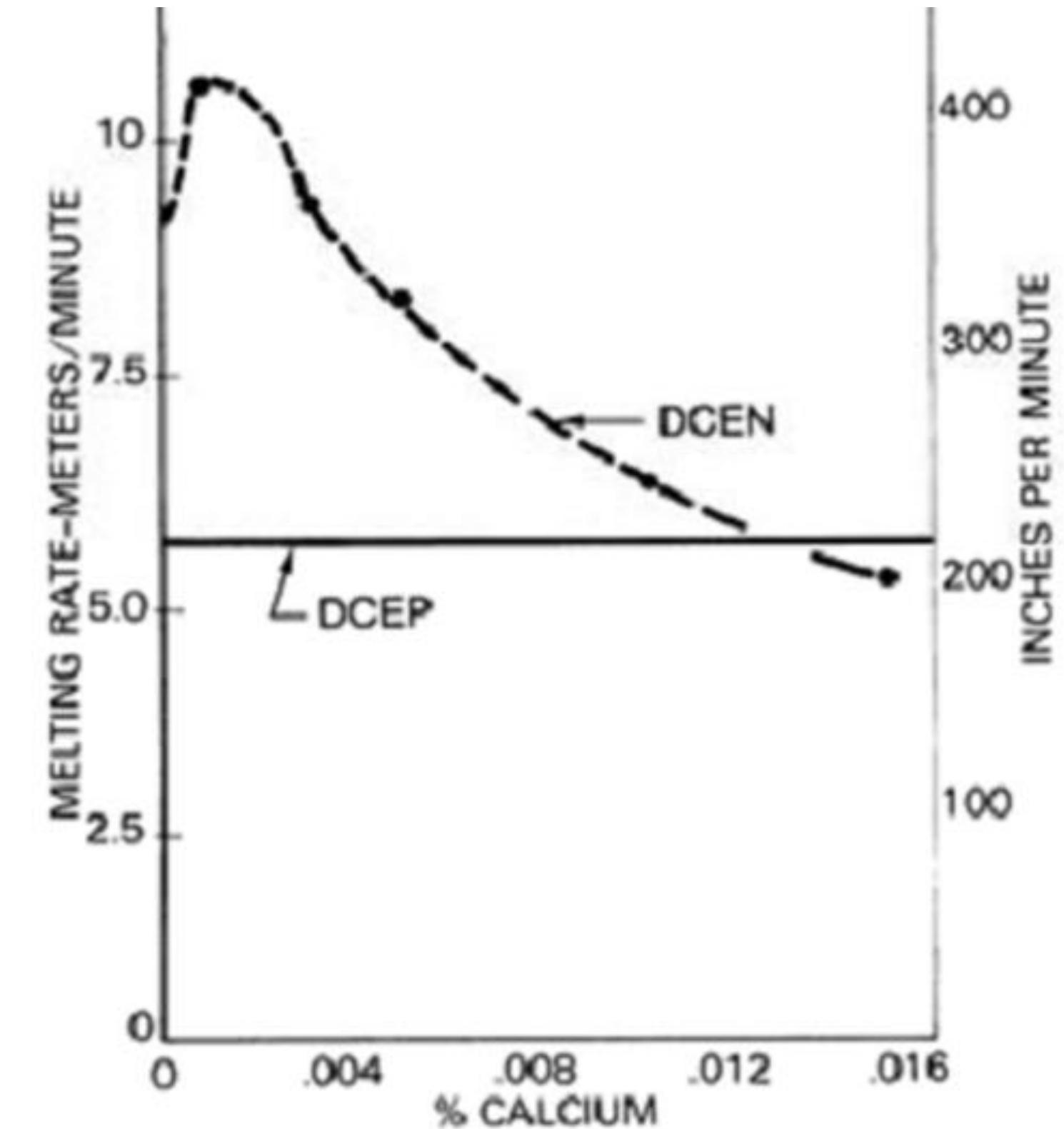
PERGUNTAS A SEREM FEITAS:

- AO SE SOLDAR COM ELETRODO DE W (processo tig), QUAL POLARIDADE DEVE SER USADA?
- A RELAÇÃO ACIMA DE BALANÇO DE CALOR SERIA A MESMA AO USAR ORA O ELETRODO DE W COMO CÁTODO E UMA CHAPA DE AÇO COMO ÂNODO E ORA O ELETRODO DE W COMO ÂNODO E A CHAPA DE AÇO COMO CÁTODO?

BALANÇO DE CALOR ENTRE O ÂNODO E O CÁTODO PARA ELETRODOS CONSUMÍVEIS

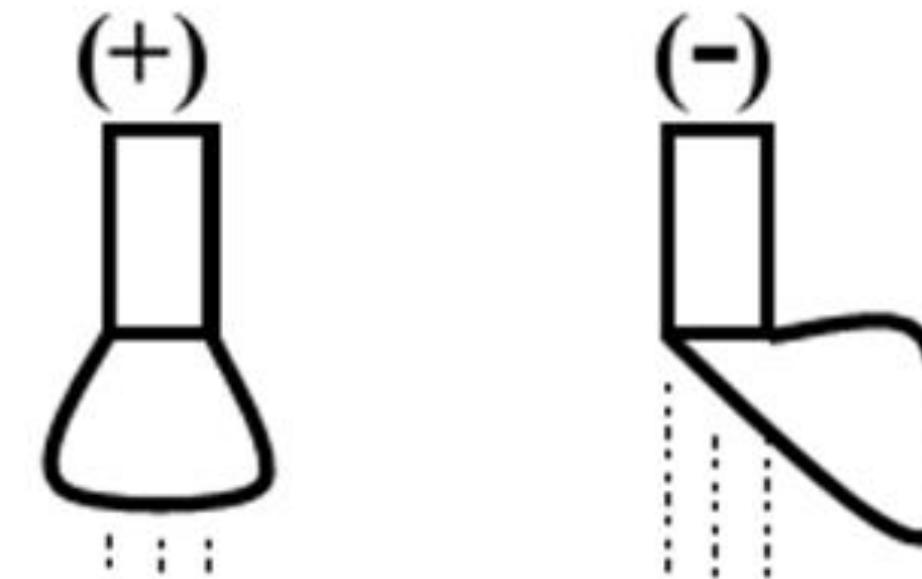
- PROCESSO MIG E ALGUNS CASOS DE ER ELETRODO NO NEGATIVO (CC-) CONSUME MAIS QUE QUANDO O ELETRODO NO POSITIVO PARA UMA MESMA CORRENTE.

- Em eletrodo refratário (CC-), necessita-se de pouca energia para arrancar elétrons. O aquecimento é menor. Já em eletrodo consumível em CC-, como o mecanismo não é termoiônico, consequentemente mais difícil, a geração de calor é maior. A adição de elementos de fácil ionização no cátodo, como o Ca, pode fazer com que a situação se inverta.

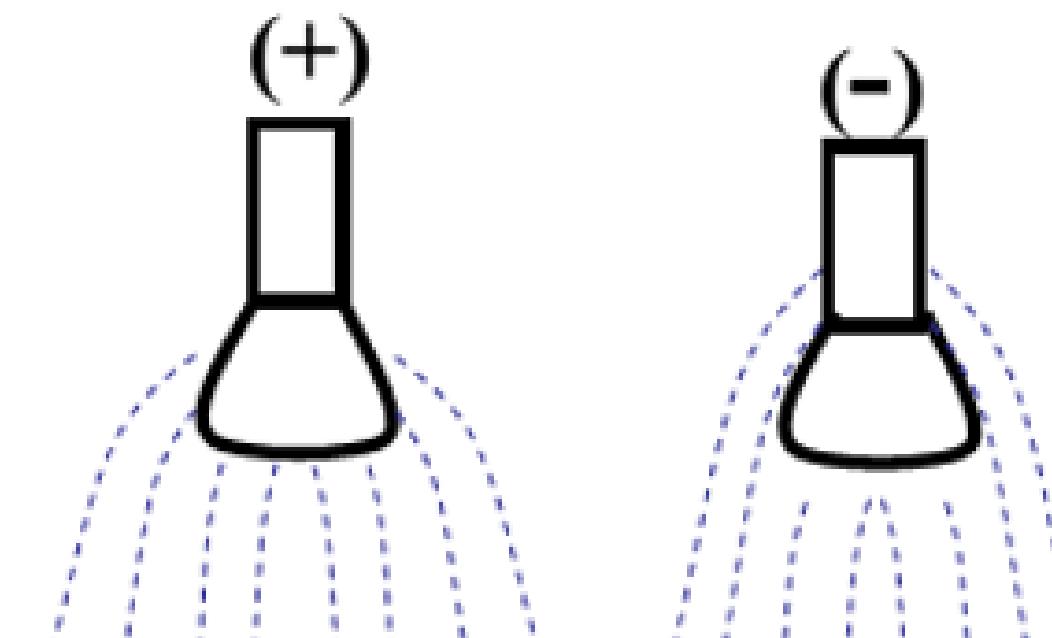


BALANÇO DE CALOR ENTRE O ÂNODO E O CÁTODO PARA ELETRODOS CONSUMÍVEIS

- Em MIG negativo, há repulsão de gotas. O arco “arde” mais diretamente sobre o eletrodo do que sobre a gota (arde = conexão arco-eletrodo).

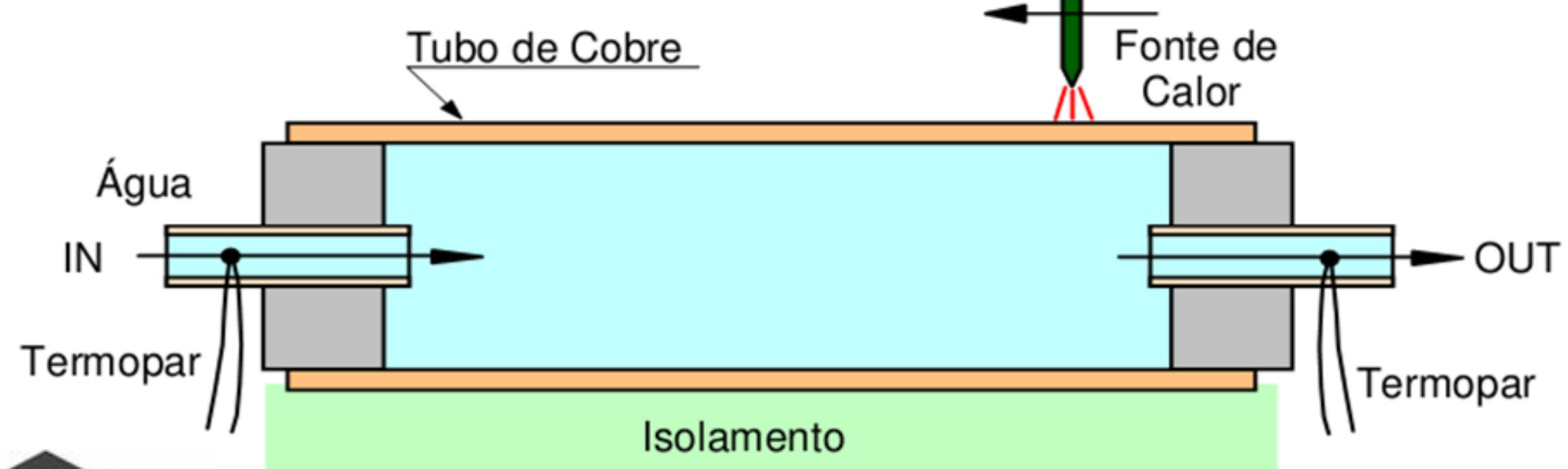
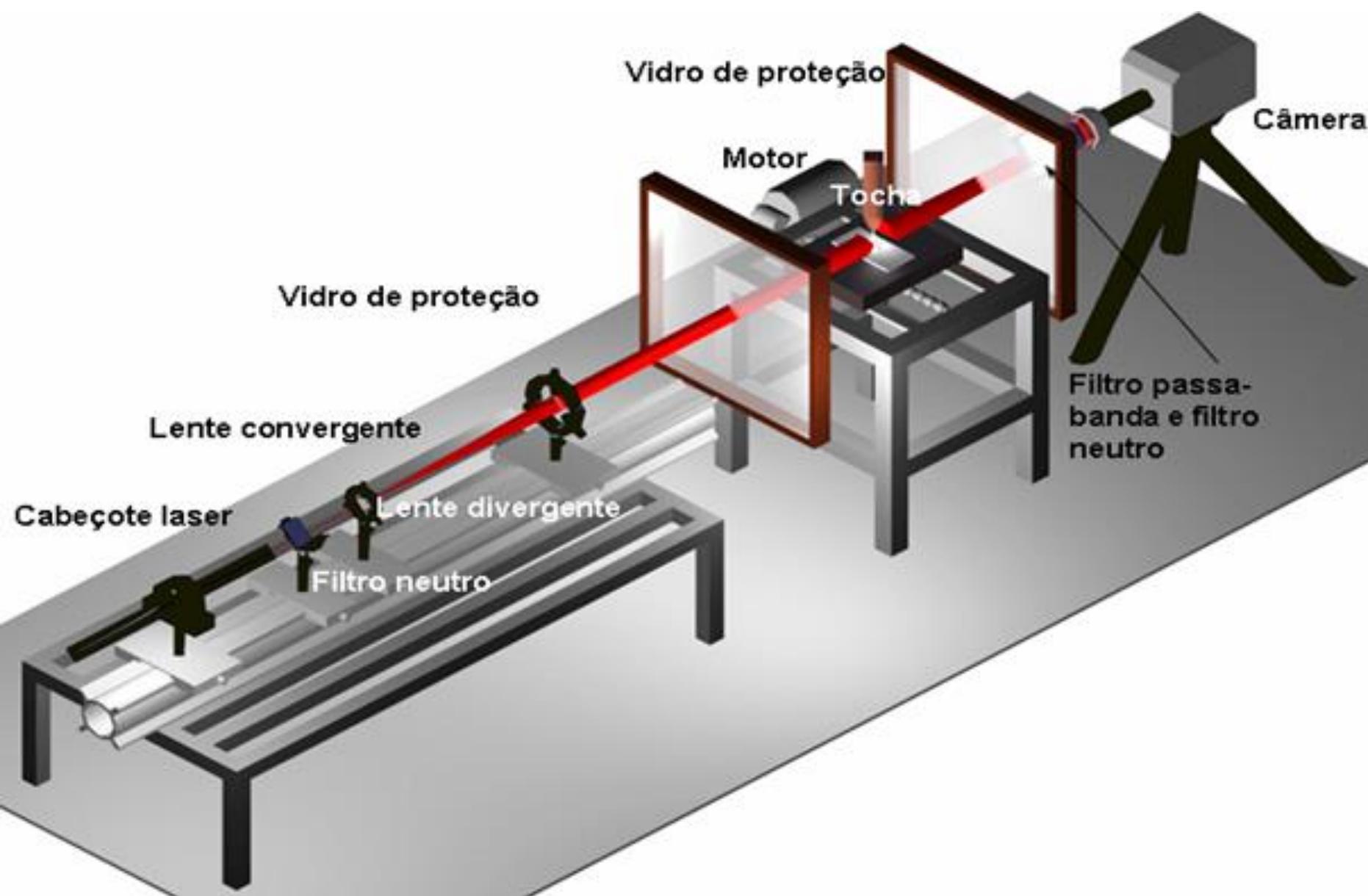


- Em MIG negativo, há uma tendência do arco subir no eletrodo a procura de pontos catódicos (emissão de campo). O arco também neste caso “arde” mais diretamente sobre o eletrodo.



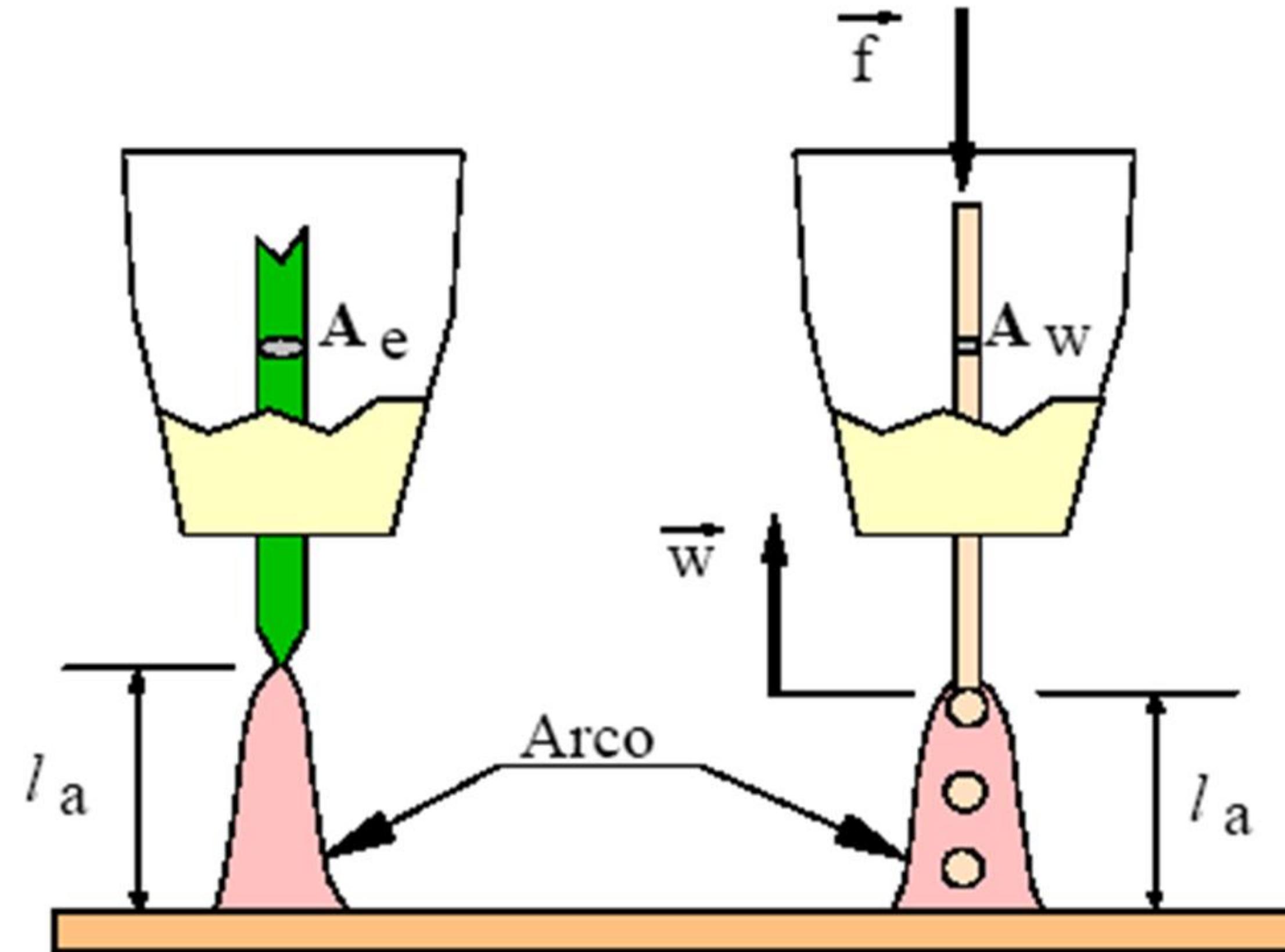
MÉTODOS DE ESTUDO DE ARCO

- Espectroscopia ótica
- Análise Elétrica
- Fotografia/Cinematografia
- Calorimetria



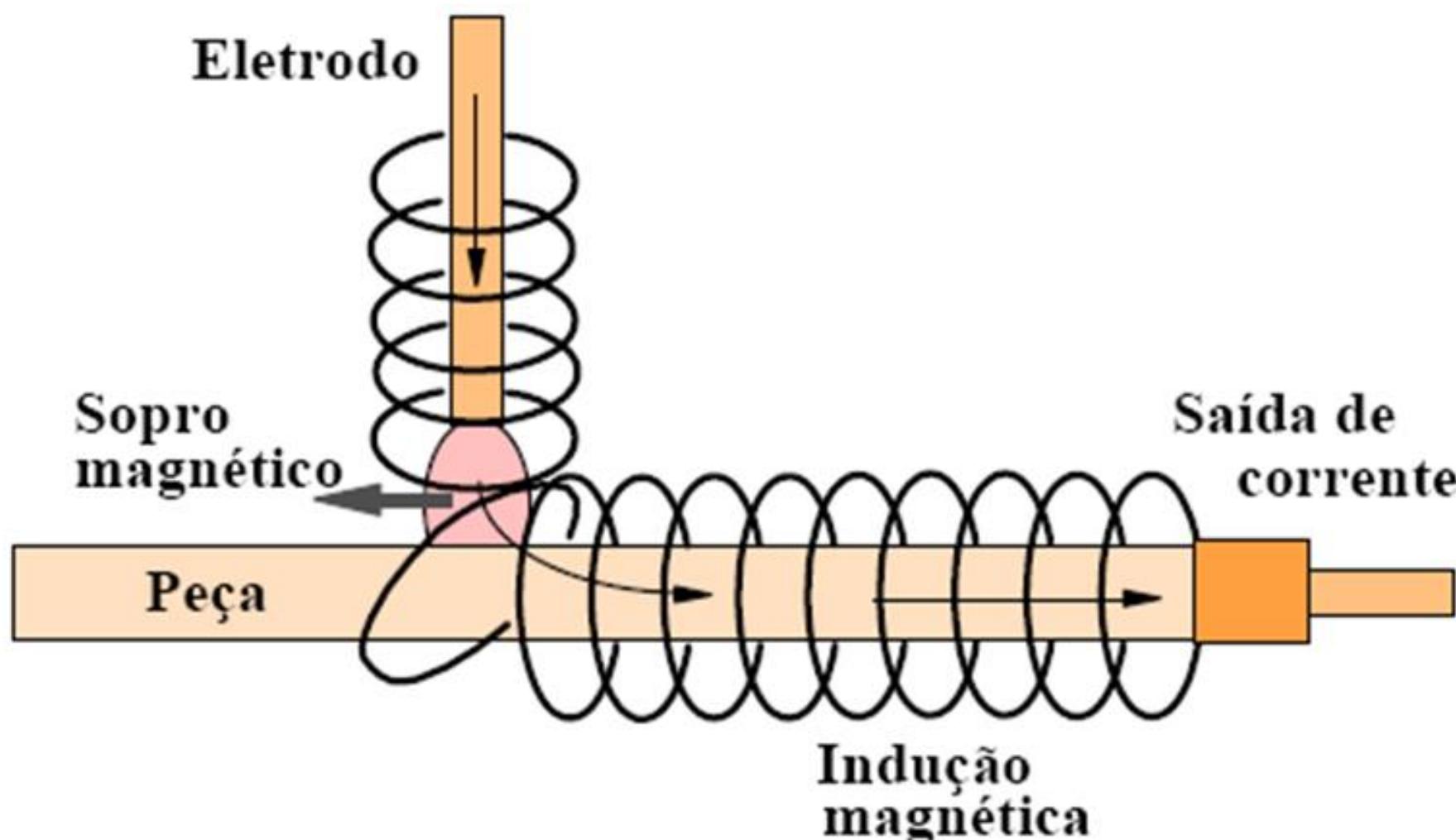
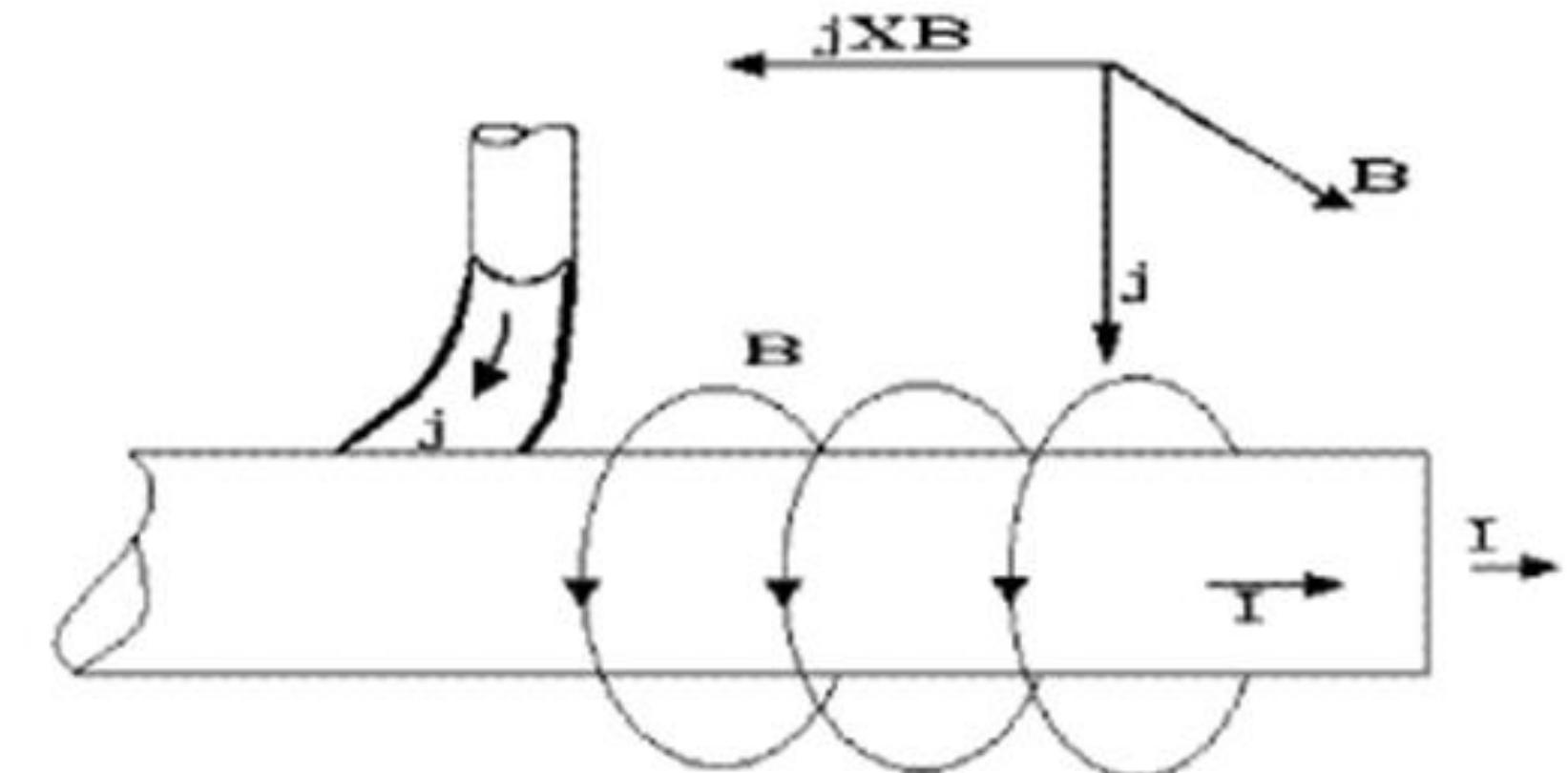
DIMENSÕES DP ARCO ELÉTRICO

ELETRODO NÃO CONSUMÍVEL X CONSUMÍVEL



SOPRO MAGNÉTICO OU DEFLEXÃO MAGNÉTICA

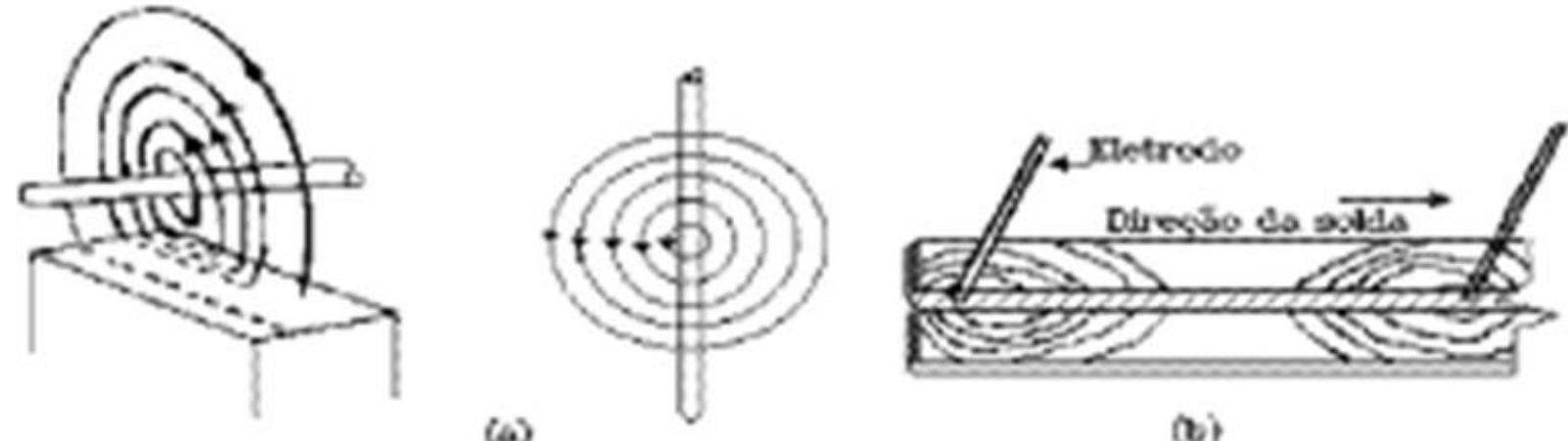
- Um condutor, quando percorrido por uma corrente elétrica, gera um campo magnético, conforme mostrado na figura ao lado, resultando numa possível deflexão do arco ("sopro magnético"), provocada pelo produto (vetorial) da densidade do fluxo magnético (B) pela densidade de corrente (j).



SOPRO MAGNÉTICO OU DEFLEXÃO MAGNÉTICA

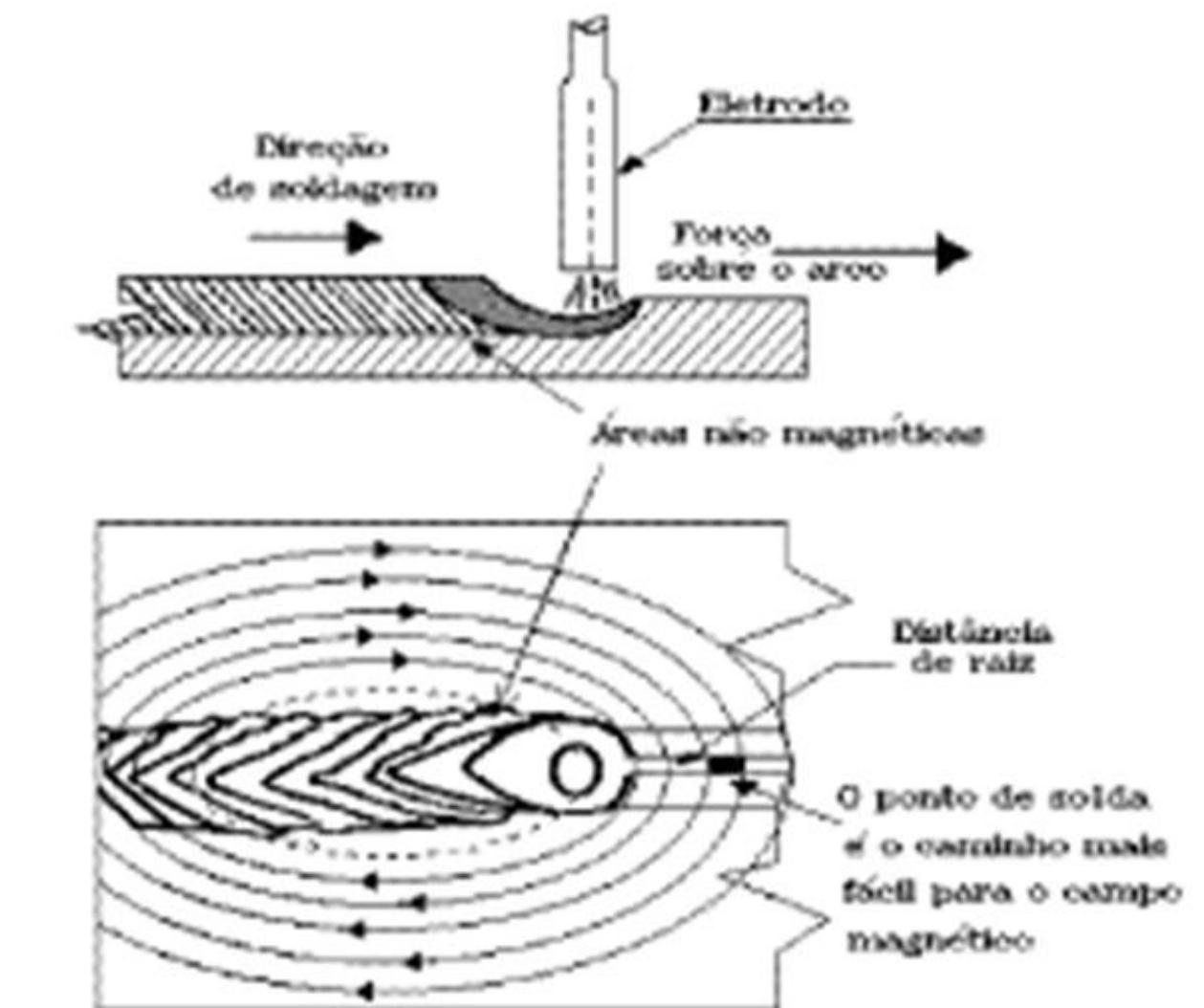
PRINCIPAIS CAUSAS

- Magnetismo residual da peça, originado por trabalho mecânico; corte térmico; solda ou mesmo ensaio não destrutivo por partículas magnéticas;
- Distorção do campo magnético provocado pela corrente do arco, conforme ilustrado na figura.



Isso ocorre devido:

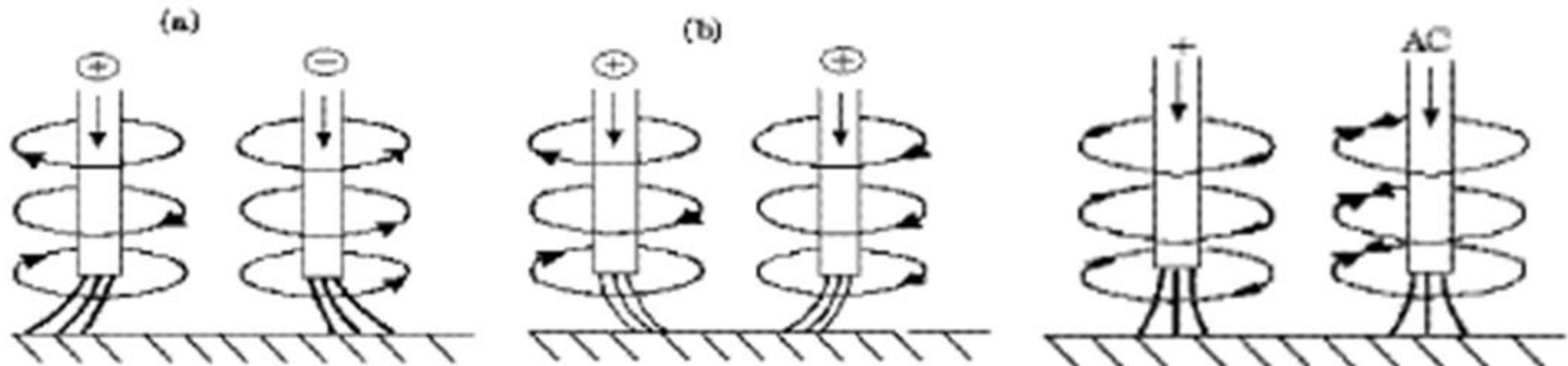
- (a) Assimetria existente no início ou fim da peça que está sendo soldada;
- (b) Em material ferromagnético, presença de regiões aquecidas acima da temperatura Curie, tornando-o paramagnético;
- (c) Abertura de raiz da junta à frente do arco, com a existência de um muito próximo “ponto” de solda (utilizado para posicionar a junta a minimizar distorção);



SOPRO MAGNÉTICO OU DEFLEXÃO MAGNÉTICA

PRINCIPAIS CAUSAS

- POSIÇÃO DO CABO TERRA
- EMPREGO DE MAIS DE UMA ELETRODO (ARAME)



[Vídeo 1](#)

[Vídeo 2](#)

SOPRO MAGNÉTICO OU DEFLEXÃO MAGNÉTICA

MÉTODOS PARA ELIMINAR OU MINIMIZAR

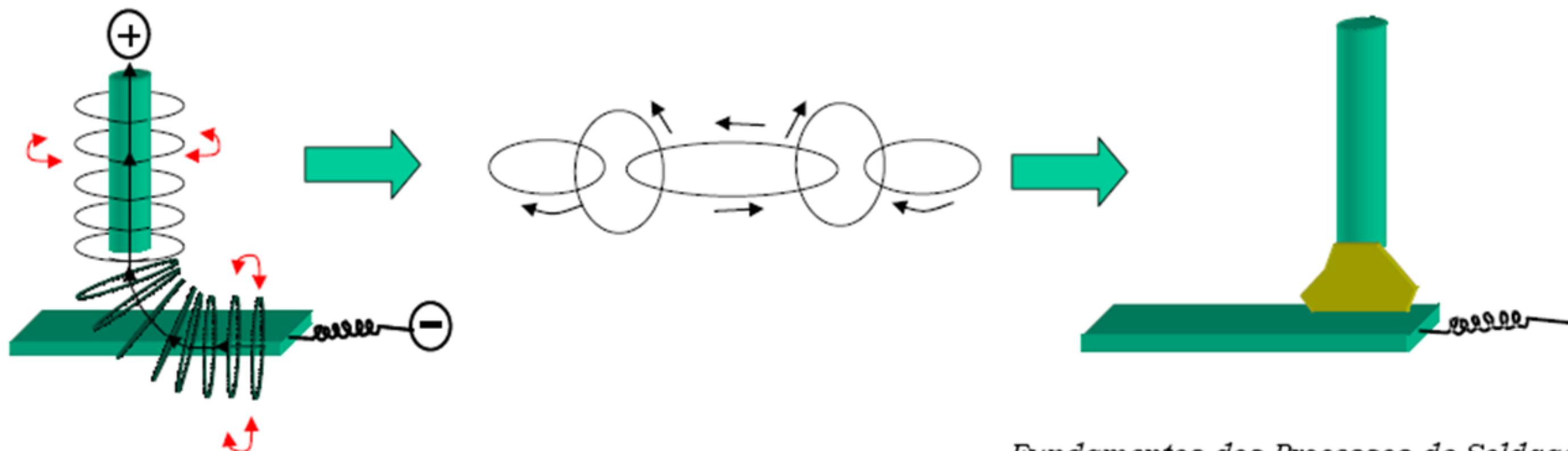
- REMOÇÃO DO MAGNETISMO RESIDUAL ATRAVÉS DA DESMAGNETIZAÇÃO, O QUE PODE SER CONSEGUIDO COLOCANDO A PEÇA NO INTERIOR DE UMA BOBINA (OU CABOS DE MÁQUINA DE SOLDAR ENROLADOS EM ESPIRAL).
- INICIA-SE APLICANDO UMA RELATIVAMENTE ALTA CORRENTE CA, A QUAL É DIMINUIDA POSTERIORMENTE



SOPRO MAGNÉTICO OU DEFLEXÃO MAGNÉTICA

MÉTODOS PARA ELIMINAR OU MINIMIZAR

- DISTRIBUIÇÃO DE VÁRIOS PONTOS DE CONEXÃO DO CABO TERRA, OU ALTERANDO O SENTIDO DA SOLDAGEM, DE FORMA A ALTERAR O CAMPO ELETROMAGNÉTICO GERADO PELA PEÇA;
- COLOCAÇÃO DE MASSA EM PONTOS ESTRATÉGICOS (ORELHA, MASSA, ETC...);
- DIMINUIR CORRENTE;
- REDUZIR COMPROMENTO DE ARCO;
- USO DE CORRENTE ALTERNADA.



TRANSFERÊNCIA METÁLICA

DEFINIÇÃO: A forma pela qual o metal de adição fundido se transfere para a poça de fusão influencia o nível de respingos e fumos gerados, a capacidade de se soldar fora da posição plana, o formato do cordão e a própria estabilidade do processo.

TIPOS DE TRANSFERÊNCIAS



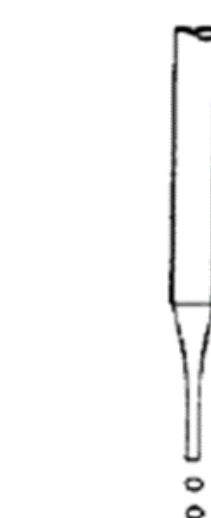
Globular



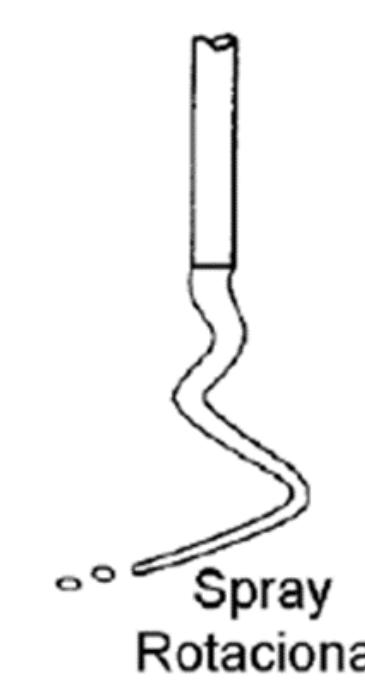
Globular
Repelida



Spray
Projetado



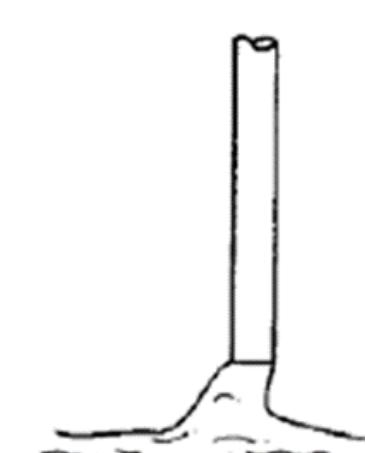
Spray com
Alongamento



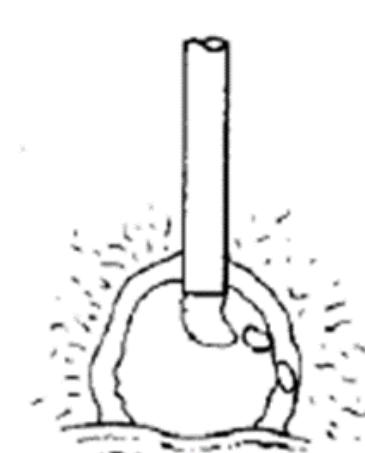
Spray
Rotacional



Explosiva



Curto-círcito



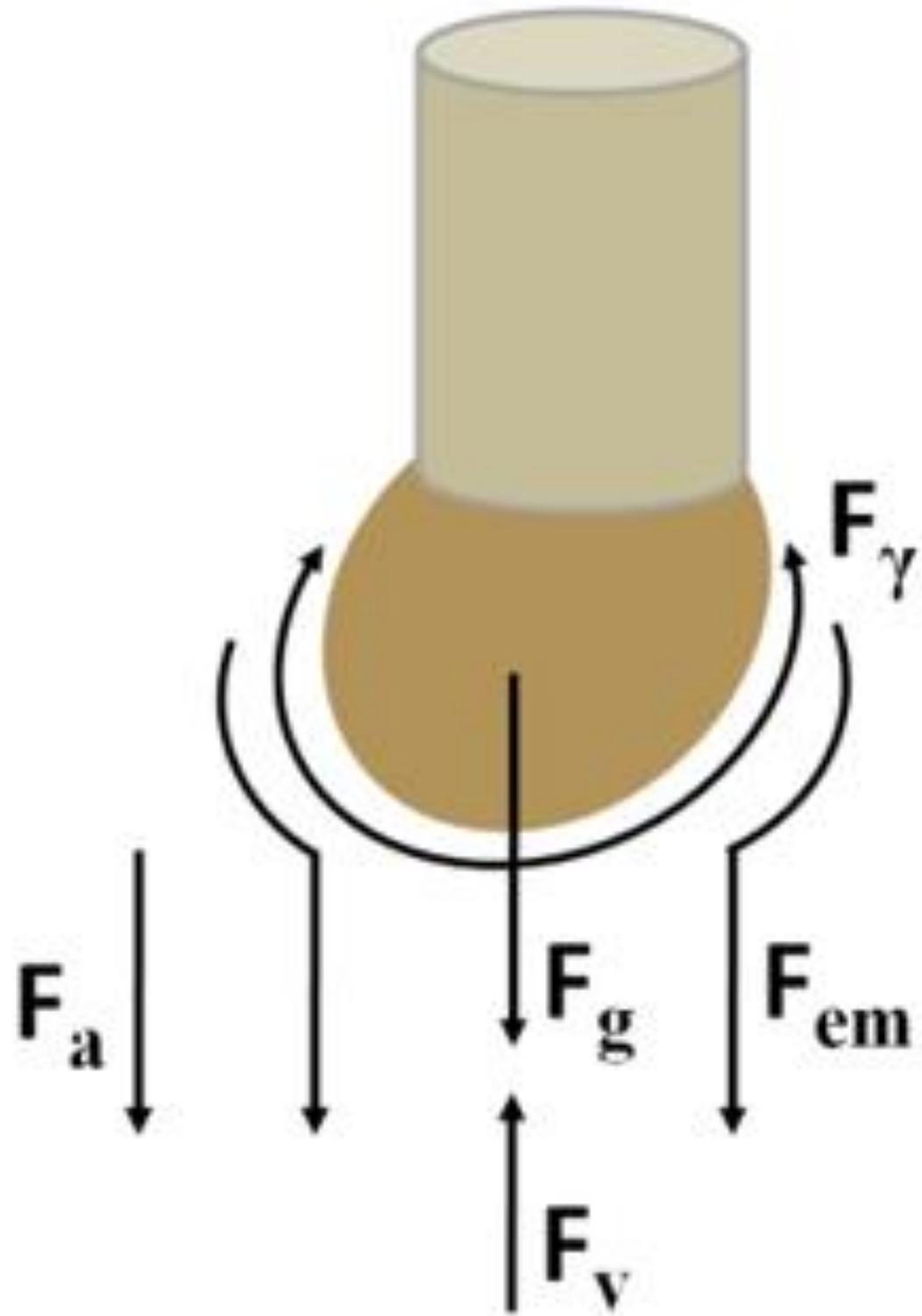
Guiada por
Parede de Fluxo

TRANSFERÊNCIA METÁLICA

Tipo de Transferência	Exemplo de Processo de Soldagem
1. Queda Livre (Free Flight Transfer):	
1.1. Globular (Globular)	
1.1.1. Globular (Drop)	GMAW - baixa corrente
1.1.2. Repelida (Repelled)	GMAW com proteção de CO ₂
1.2. Goticular ou Aerossol (Spray)	
1.2.1. Projetado (Projected)	GMAW - corrente intermediária
1.2.2. Com Alongamento (Streaming)	GMAW - corrente média
1.2.3. Rotacional (Rotating)	GMAW - corrente elevada
1.3. Explosiva (Explosive)	SMAW (eletrodos revestidos)
2. Por Contato (Bridging Transfer)	
2.1. Curto Circuito (Short-circuiting)	GMAW - arco "curto"
2.2. Contínua (Without Interruption)	GTAW com alimentação contínua
3. Protegida por Escória (Slag Protected Transfer):	
3.1. Guiada pela parede (Flux-Wall Guided)	SAW
3.2. Outros modos (Other modes)	SMAW, FCAW, ESW, etc

TRANSFERÊNCIA METÁLICA

FORÇAS ENVOLVIDAS NO DESTACAMENTO DA GOTA



F_g = FORÇA GRAVITACIONAL

F_{γ} = FORÇA DE TENSÃO SUPERFICIAL

F_{em} = FORÇA ELETROMAGNÉTICA

F_a = FORÇA DE ARRASTO

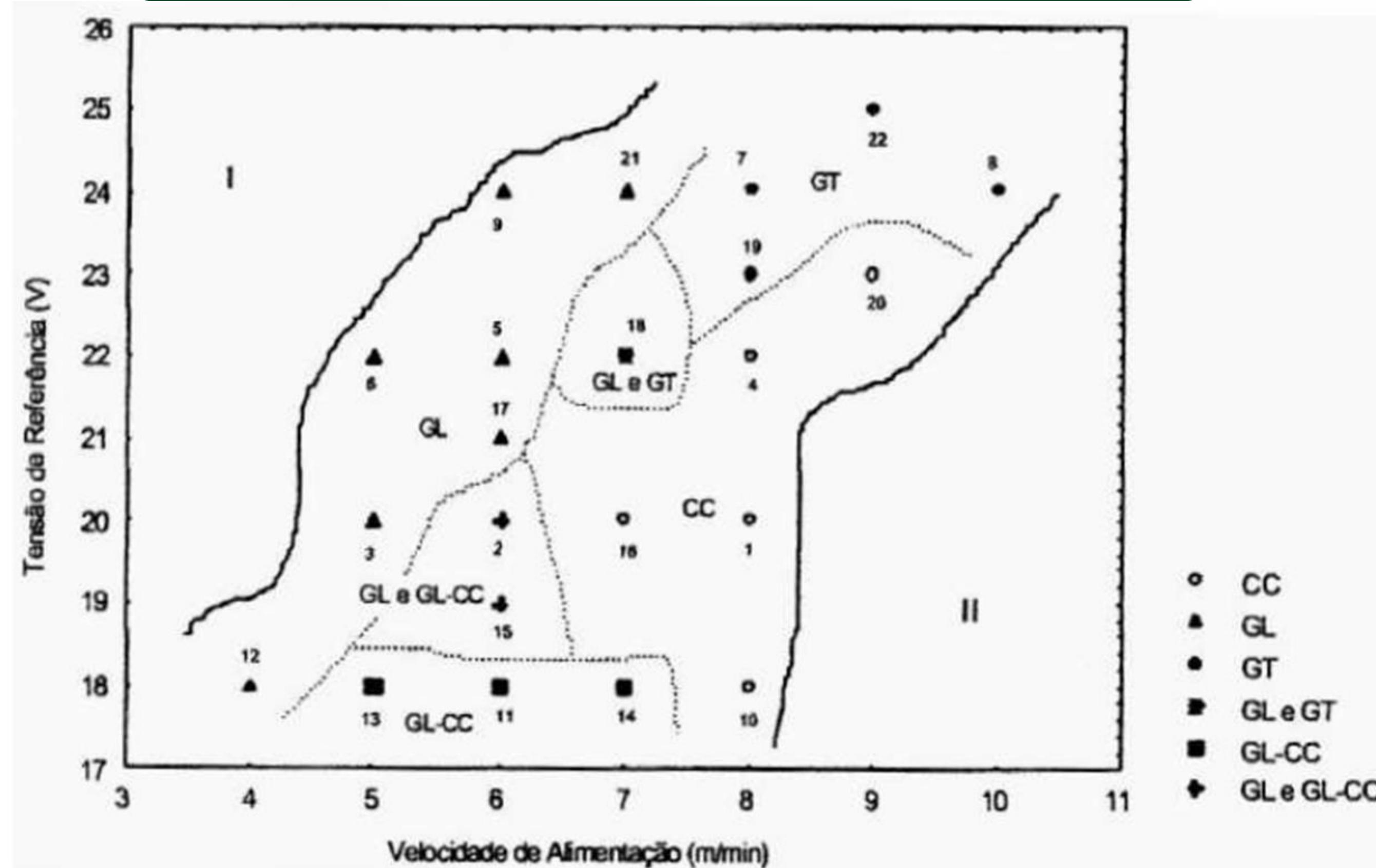
F_v = FORÇA DE VAPORIZAÇÃO

O DESTACAMENTO ACONTECE QUANDO:

$$F_{\gamma} + F_v < F_g + F_{em} + F_a$$

TRANSFERÊNCIA METÁLICA

MAPA DE TRANSIÇÃO

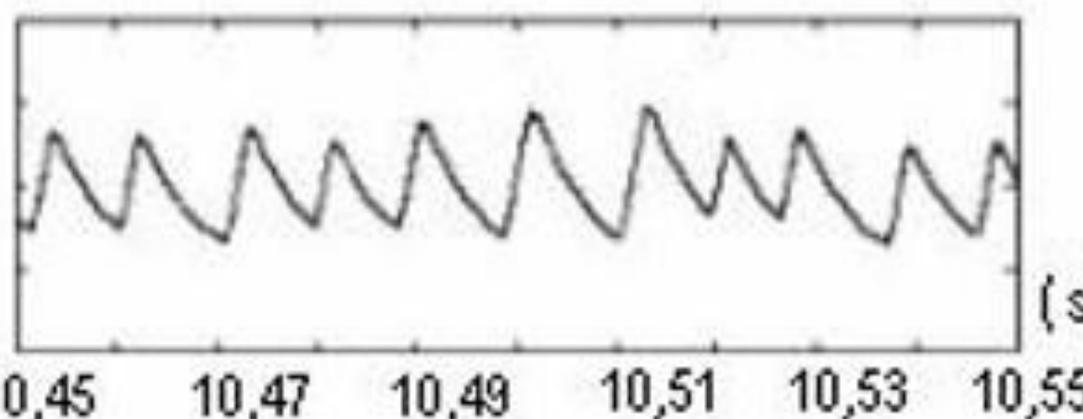
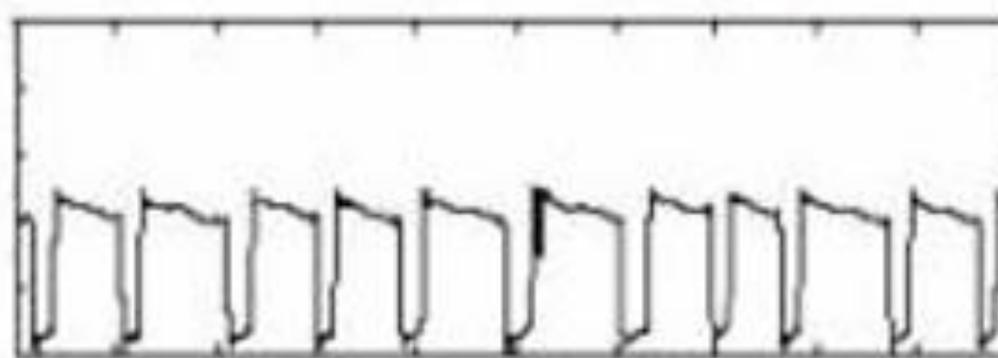


TRANSFERÊNCIA METÁLICA

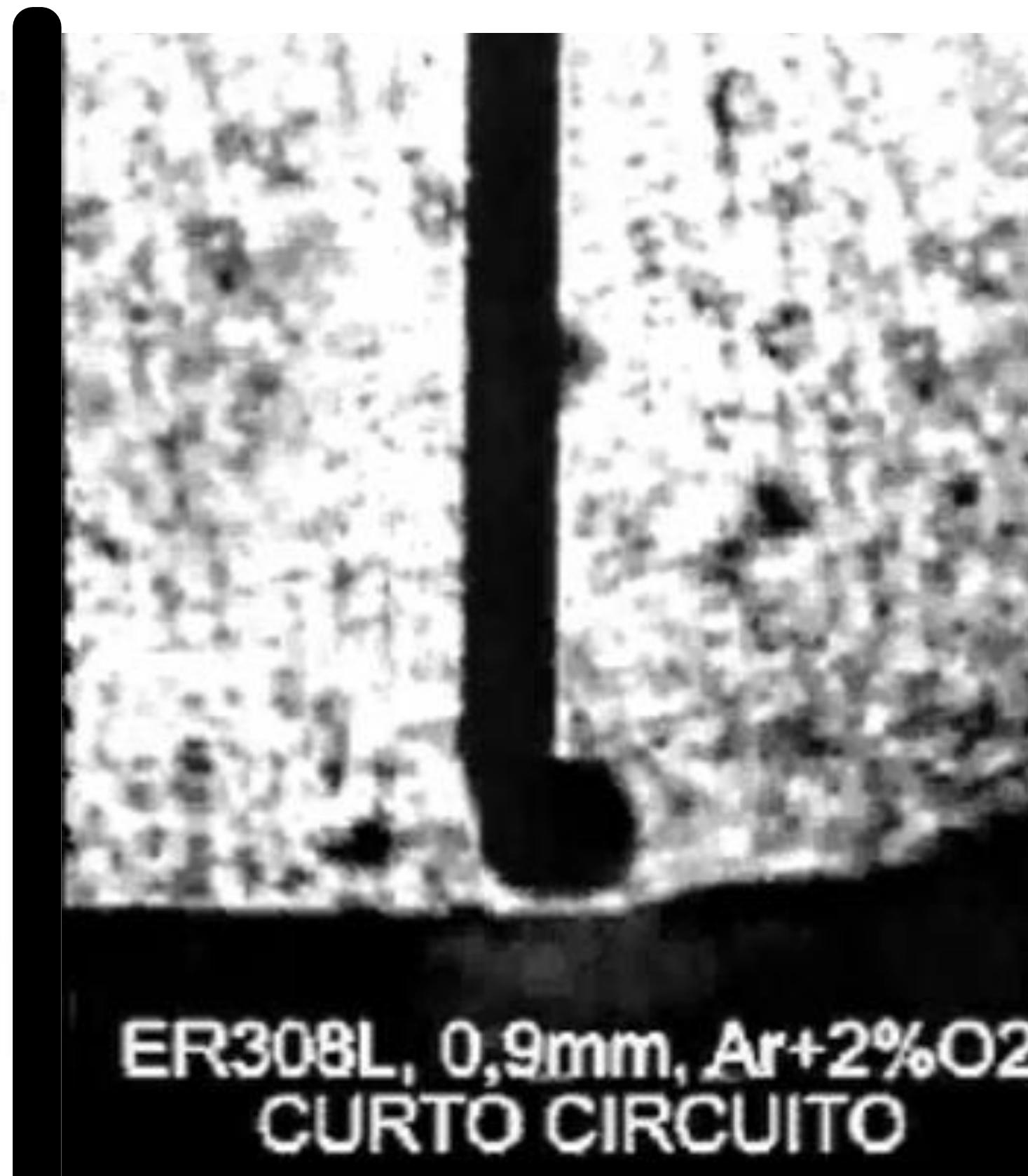
CURTO-CIRCUITO

Curto-circuito:

$$\Delta U > 10 \text{ V}$$



OSCILOGRAMA: TENSÃO E CORRENTE



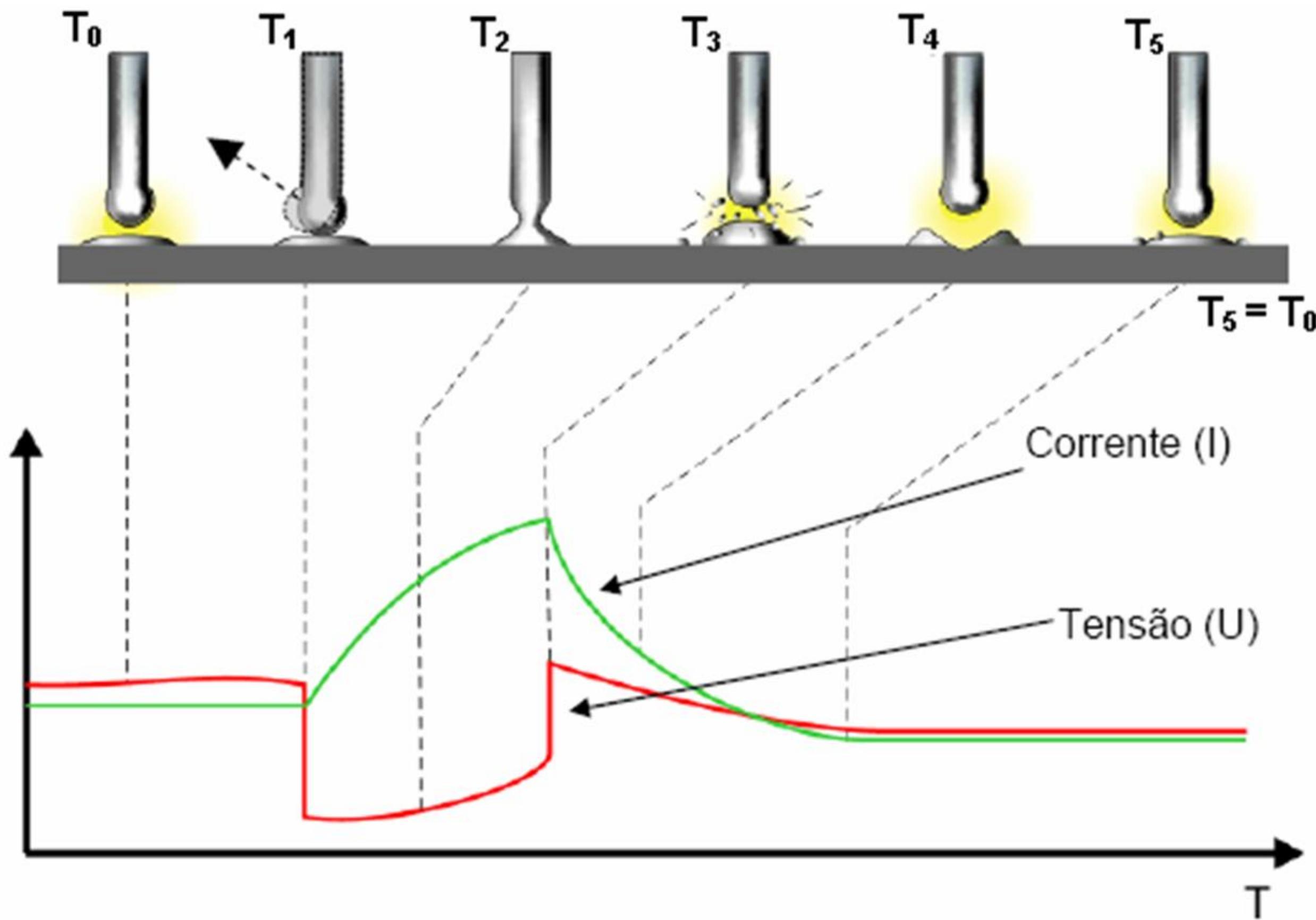
CARACTERÍSTICAS

- BAIXA CORRENTE
- ARCO CURTO
- CONTROLE DA POÇA
 - soldagem posicional, chapas finas
- RESPINGOS
 - indutância
- FALTA DE FUSÃO

[vídeo](#)

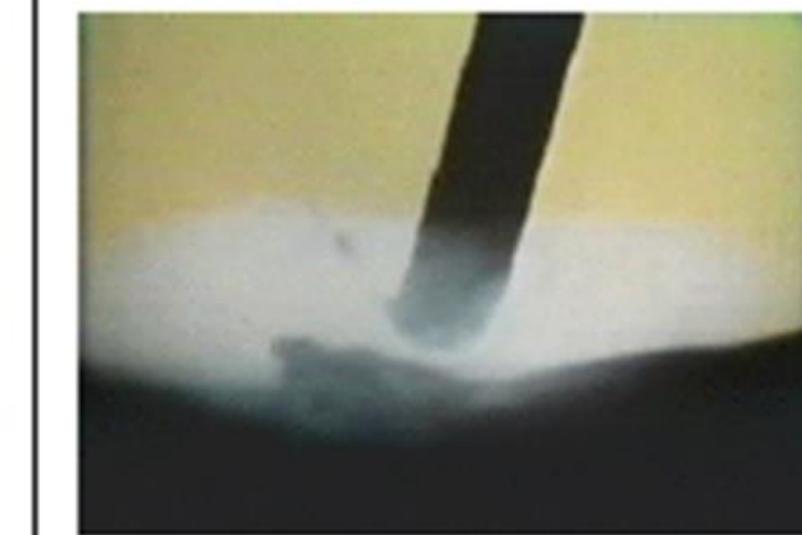
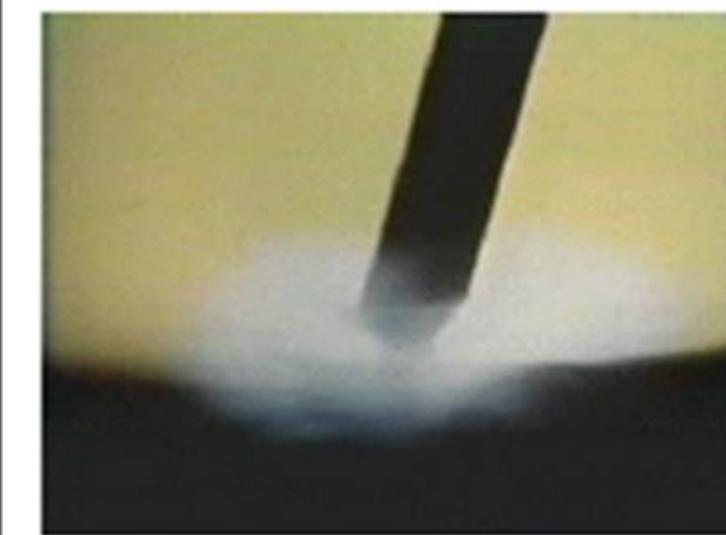
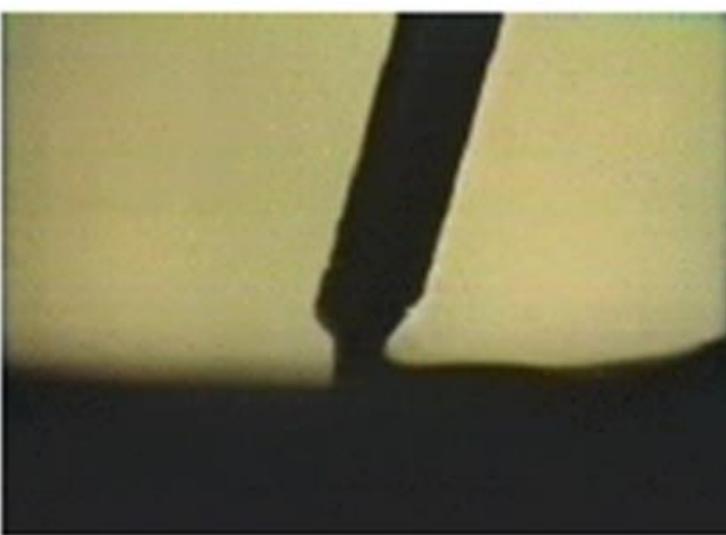
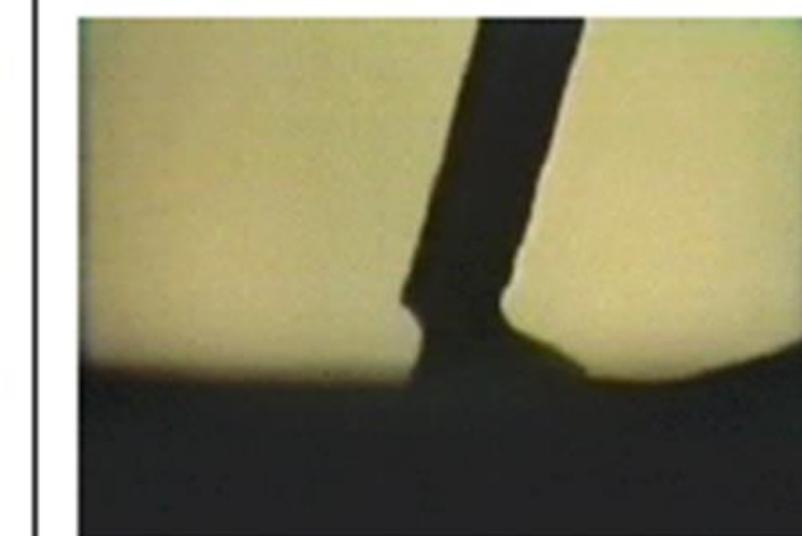
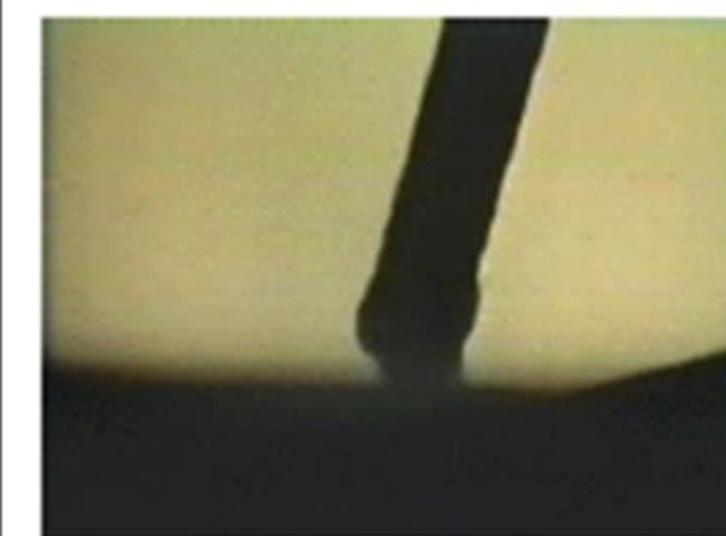
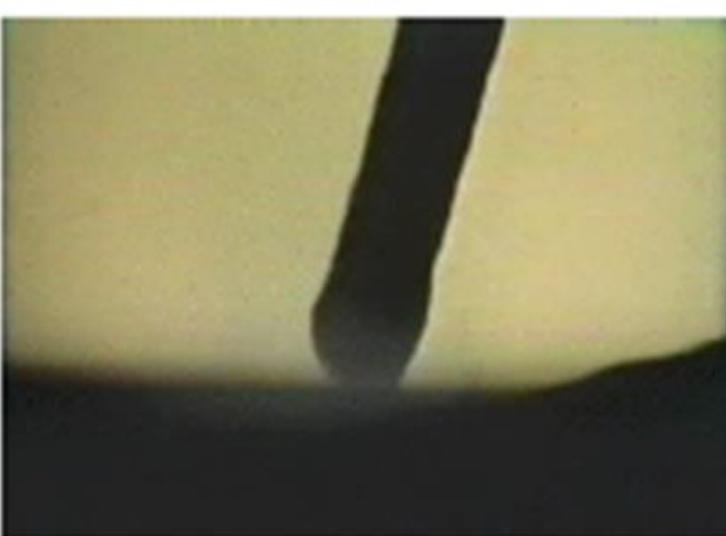
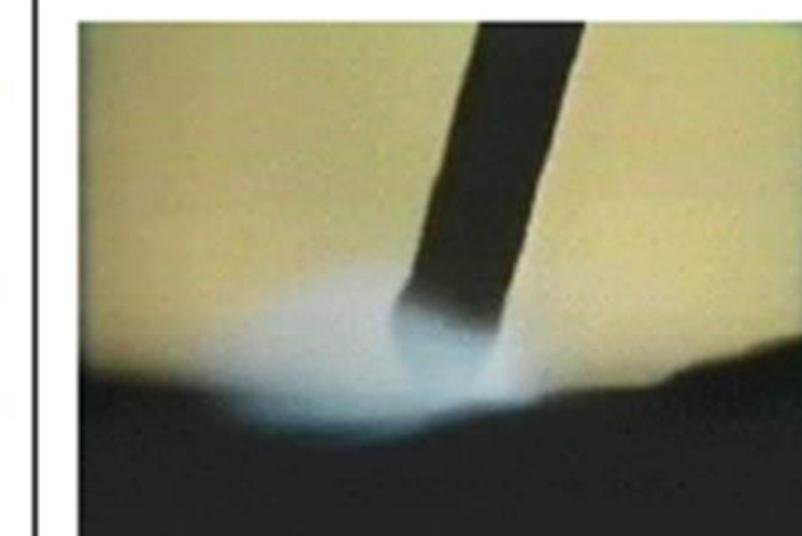
TRANSFERÊNCIA METÁLICA

CURTO-CIRCUITO: CICLO COMPLETO



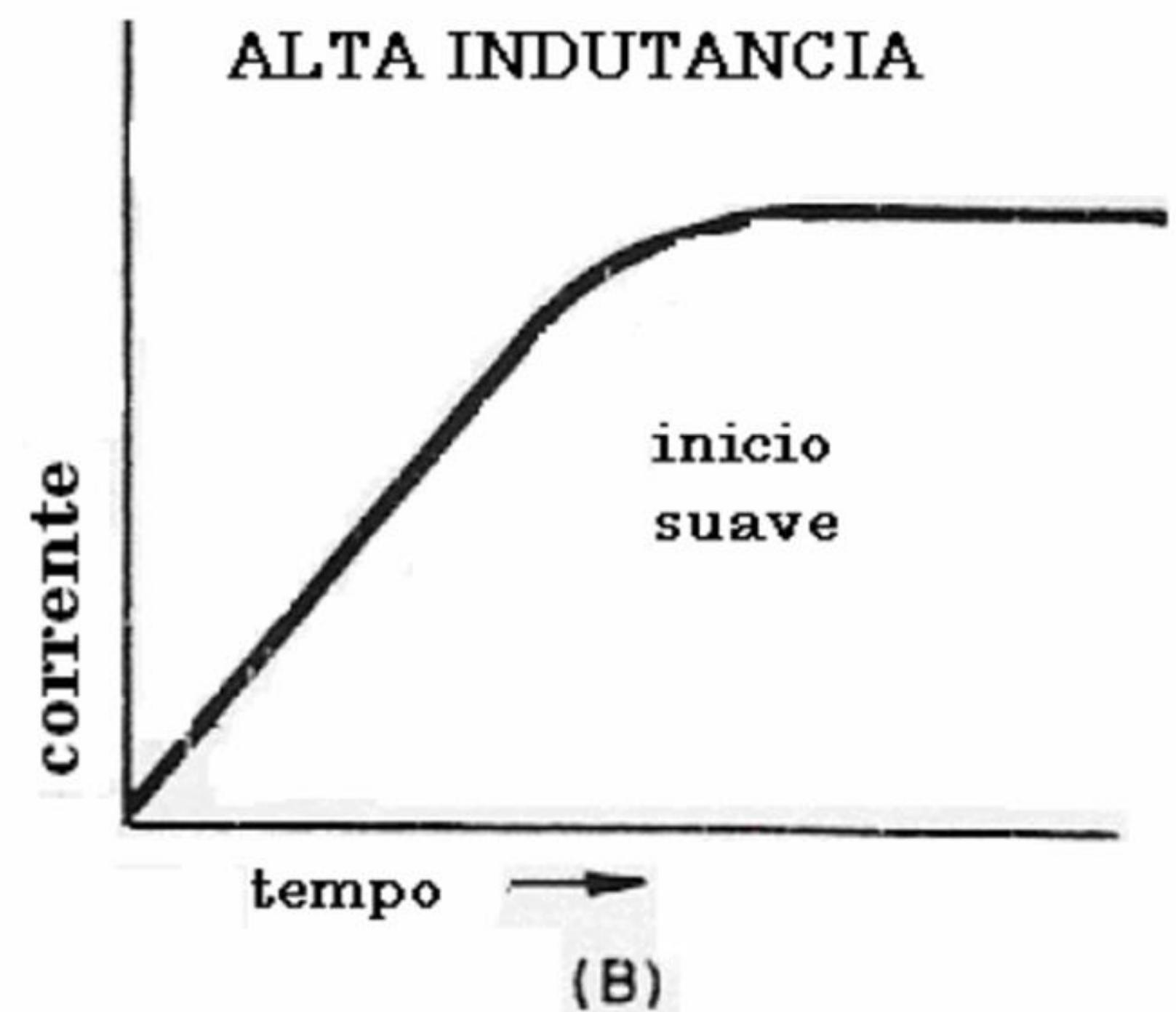
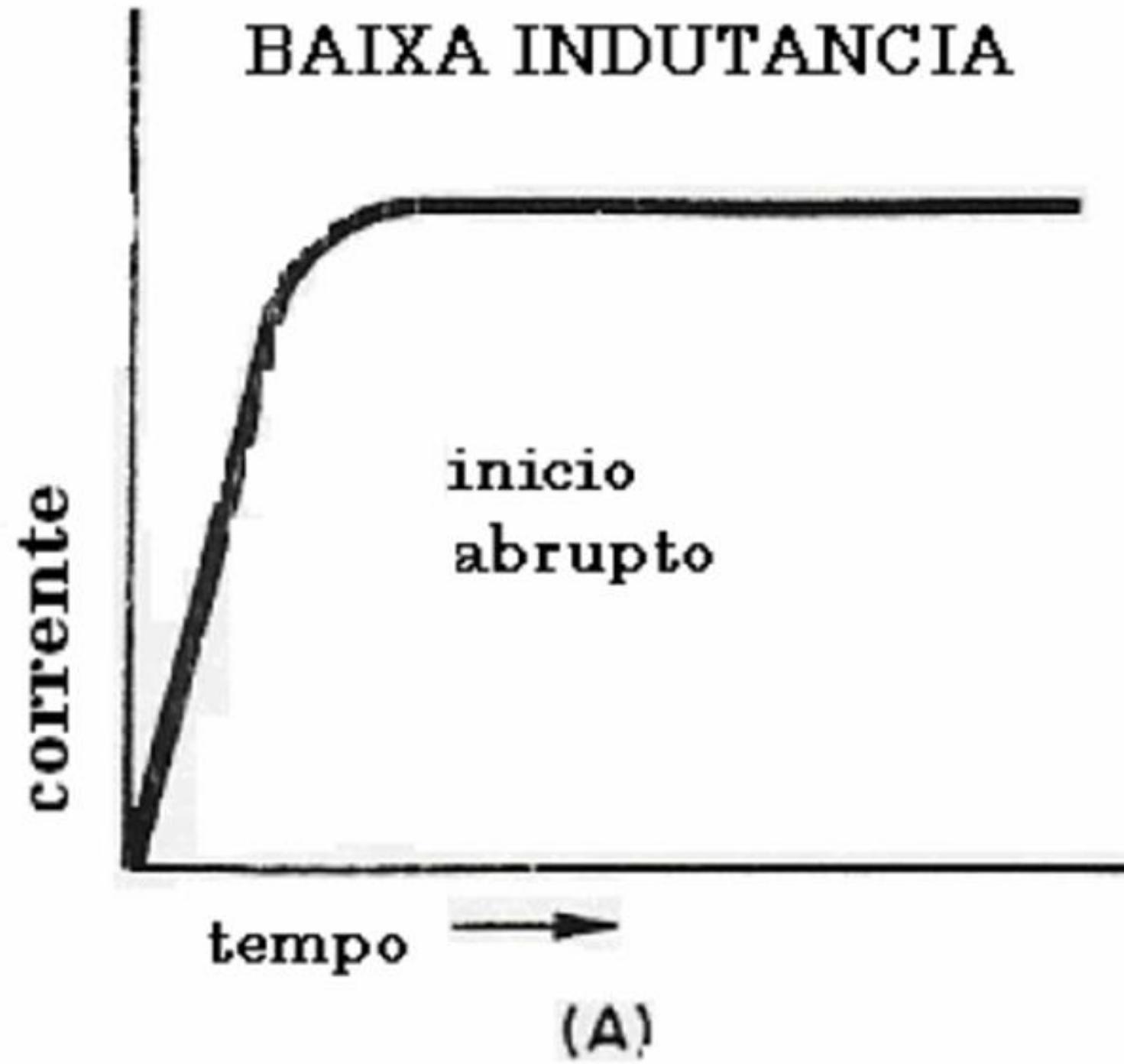
TRANSFERÊNCIA METÁLICA

CURTO-CIRCUITO: CICLO COMPLETO



TRANSFERÊNCIA METÁLICA

CURTO-CIRCUITO: EFEITO INDUTIVO

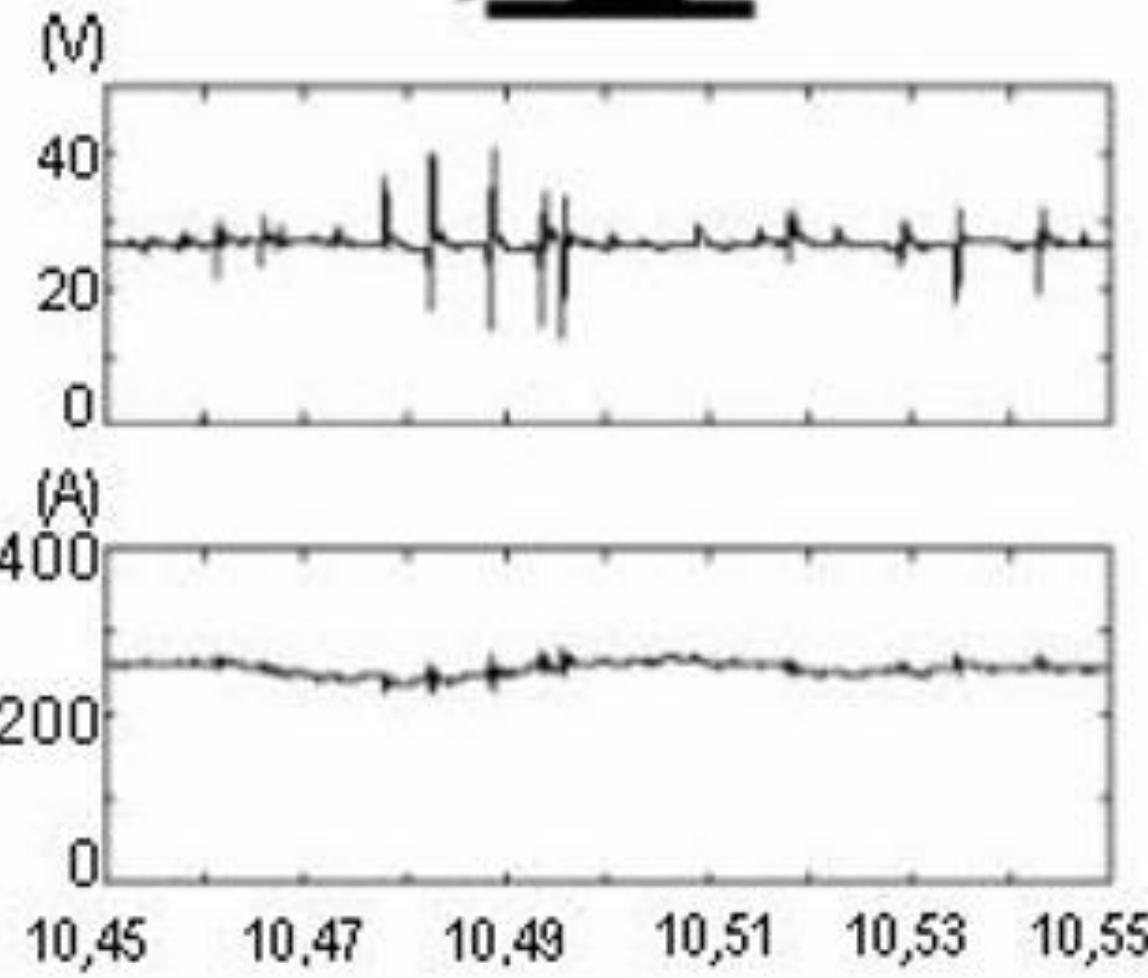


TRANSFERÊNCIA METÁLICA

GLOBULAR

Globular:

$$1 < \Delta U < 10 \text{ V}$$



OSCILOGRAMA: TENSÃO E CORRENTE



CARACTERÍSTICAS

- DIAMETRO DA GOTA MAIOR QUE DO ELETRODO
- TRANSFERÊNCIA BAIXA E IRREGULAR
 - 20-30 gotas/s para eletrodo revestido de 3mm a 200 A
 - 2 a 3 gotas em MIG de aço inoxidável
- DIFÍCIL SOLDAGEM POSICIONAL
- DIFÍCIL SOLDAGEM SEMI-AUTOMATICA
 - grande variação, e com baixa velocidade, de comprimento de arco

[vídeo](#)

TRANSFERÊNCIA METÁLICA

GLOBULAR

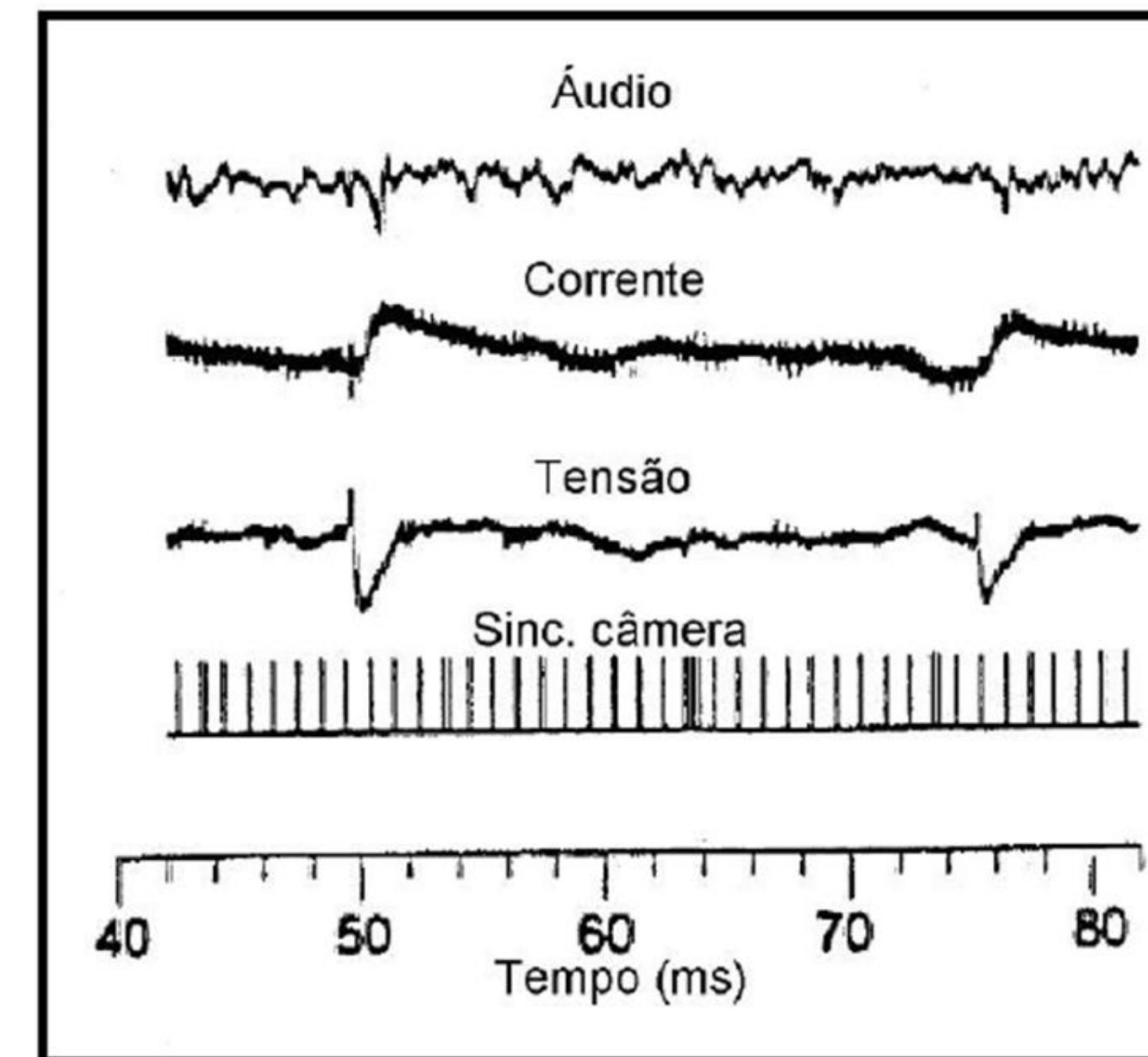


Figura 3.16 - Oscilogramas e sinais de áudio utilizados em sincronização para uma transferência globular. Eletrodo de aço carbono E70S-3 de 0,89mm de diâmetro e gás de proteção Ar+2%O₂ (JONSON et al, 1991).

TRANSFERÊNCIA METÁLICA

GLOBULAR

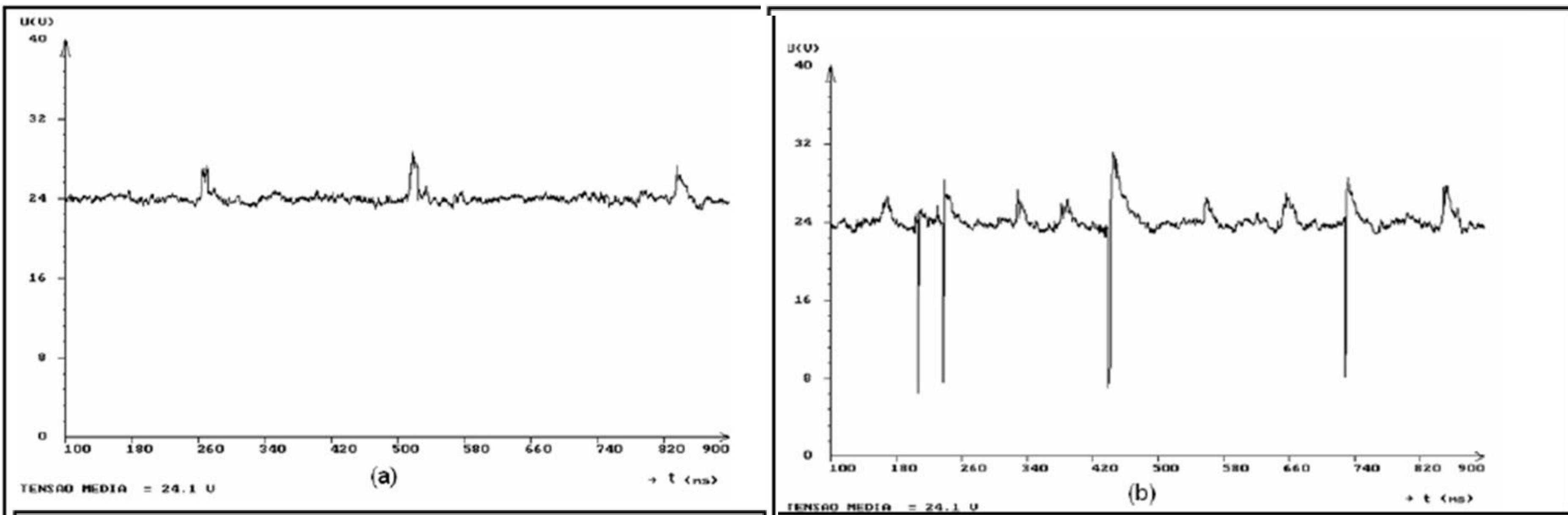


Figura 3.2 - Oscilogramas de tensão (24 V): (a) $V_a = 3\text{m/min}$ – transferência metálica tipo globular; (b) $V_a = 4\text{m/min}$ – poucos curtos.

TRANSFERÊNCIA METÁLICA

GLOBULAR

Tabela 3.3 – Níveis dos fatores de controle usados nos ensaios.

FATORES	NOMES	NIVEIS		
Gás de Proteção	GAS	CO ₂	C25	
Tensão (V)	V	19	21	23
Velocidade de Alimentação (m/min)	V _a	4,0	5,0	5,5
Velocidade de soldagem (cm/min)	V _s	25	30	35
DBCP (mm)	DBCP	11	16	19
Indutância	Ind	2	5	9

TRANSFERÊNCIA METÁLICA

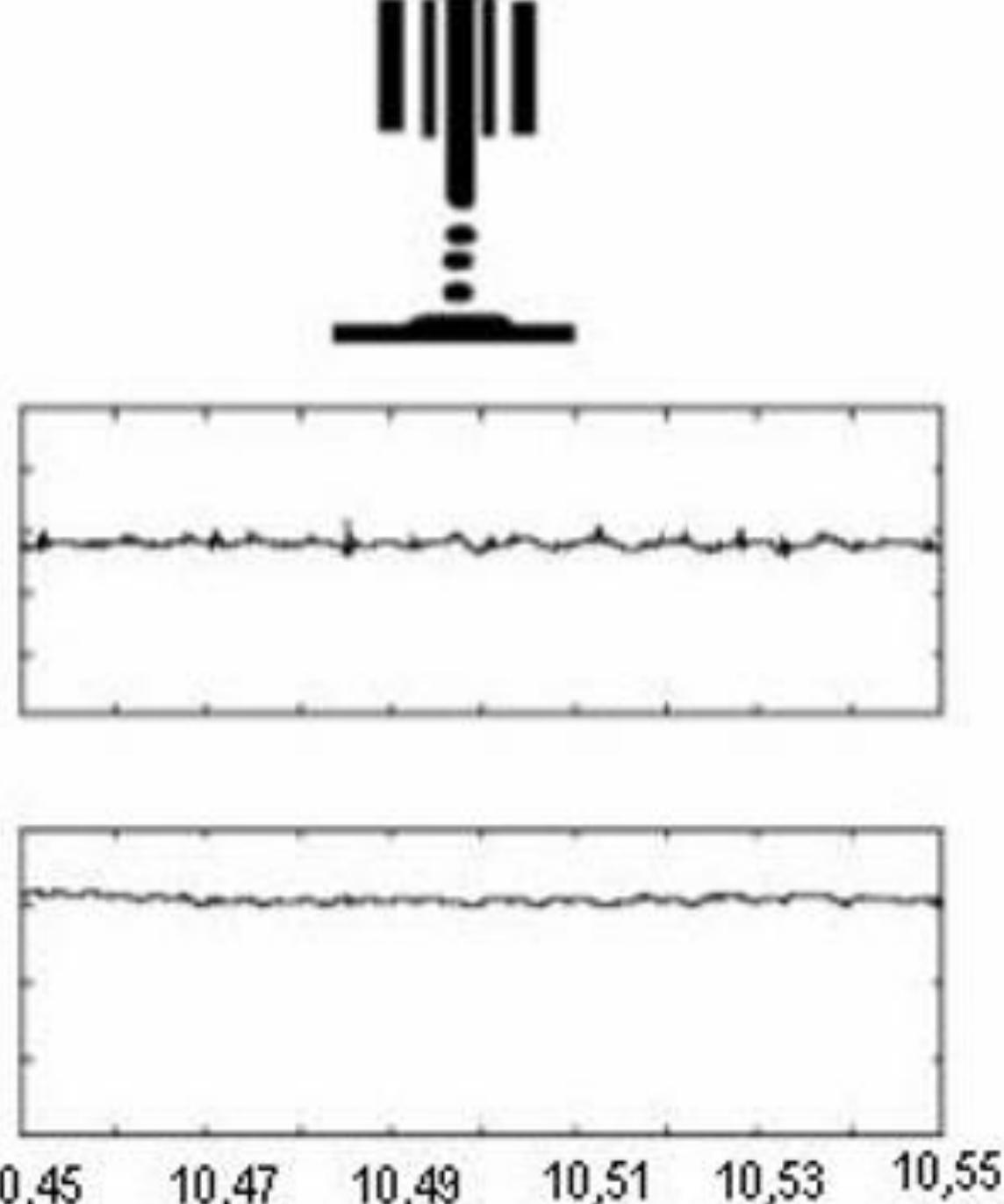
GLOBULAR

Experimento	Projeto Robusto						
	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

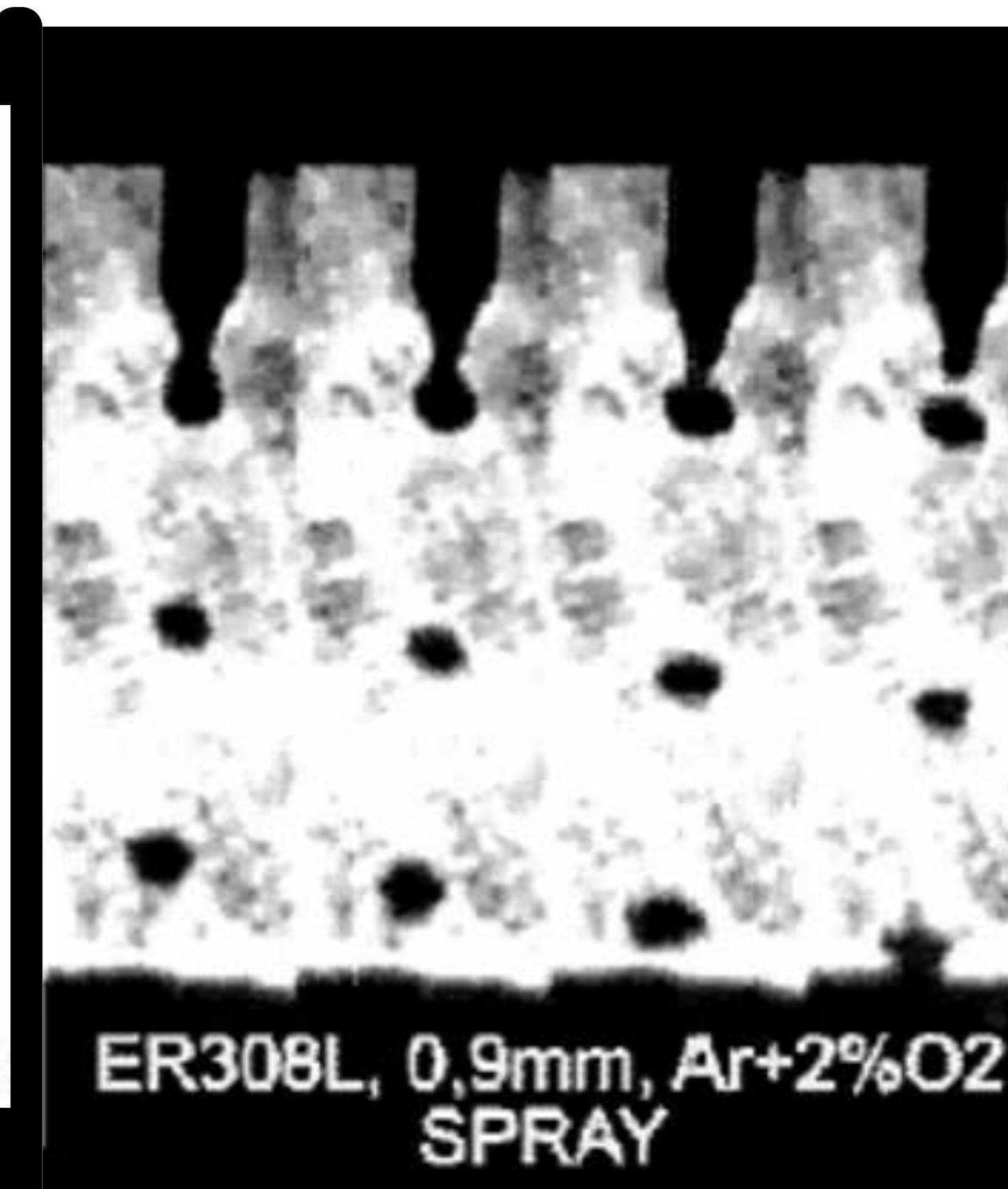
TRANSFERÊNCIA METÁLICA

SPRAY

Spray:



OSCILOGRAMA: TENSÃO E CORRENTE



CARACTERÍSTICAS

- ALTA CORRENTE
- DIAMETRO DA GOTA IGUAL O DO ELETRODO
- TRANSFERÊNCIA REGULAR E ESTÁVEL
- TÍPICO DE SOLDAGEM MIG DE AÇO COMUM OU BAIXO CARBONO COM MISTURA DE Ar COM O₂ E DE ALUMÍNIO COM Ar PURO:
- DEVIDO AO ALTO CALOR IMPOSTO
 - alta produção;
 - limita a soldagem posicional.

[vídeo](#)

TRANSFERÊNCIA METÁLICA

CORRENTE DE TRANSIÇÃO

- Acima de um certo nível de corrente (**corrente de transição**, I_c), ocorre uma rápida redução do diâmetro das gotas ao mesmo tempo que o arco, que antes cobria apenas a parte inferior da gota na ponta do eletrodo, passa a envolvê-la completamente.
- Mudança do modo de formação da gota numa pequena faixa de corrente, passando de grandes gotas em baixa frequência para pequenas gotas em alta frequência.
- A corrente de transição depende de fatores como a composição, diâmetro e comprimento do eletrodo e o tipo de gás de proteção.

Diâmetro Do arame (mm)	Corrente de Transição (A)		
	Aço carbono (Ar+2%O ₂)	Aço Inoxidável (Ar+2%O ₂)	Alumínio (Ar)
0,8	160		90
1,0	185	170	100
1,2	220	225	120
1,6	275	285	170

TRANSFERÊNCIA METÁLICA

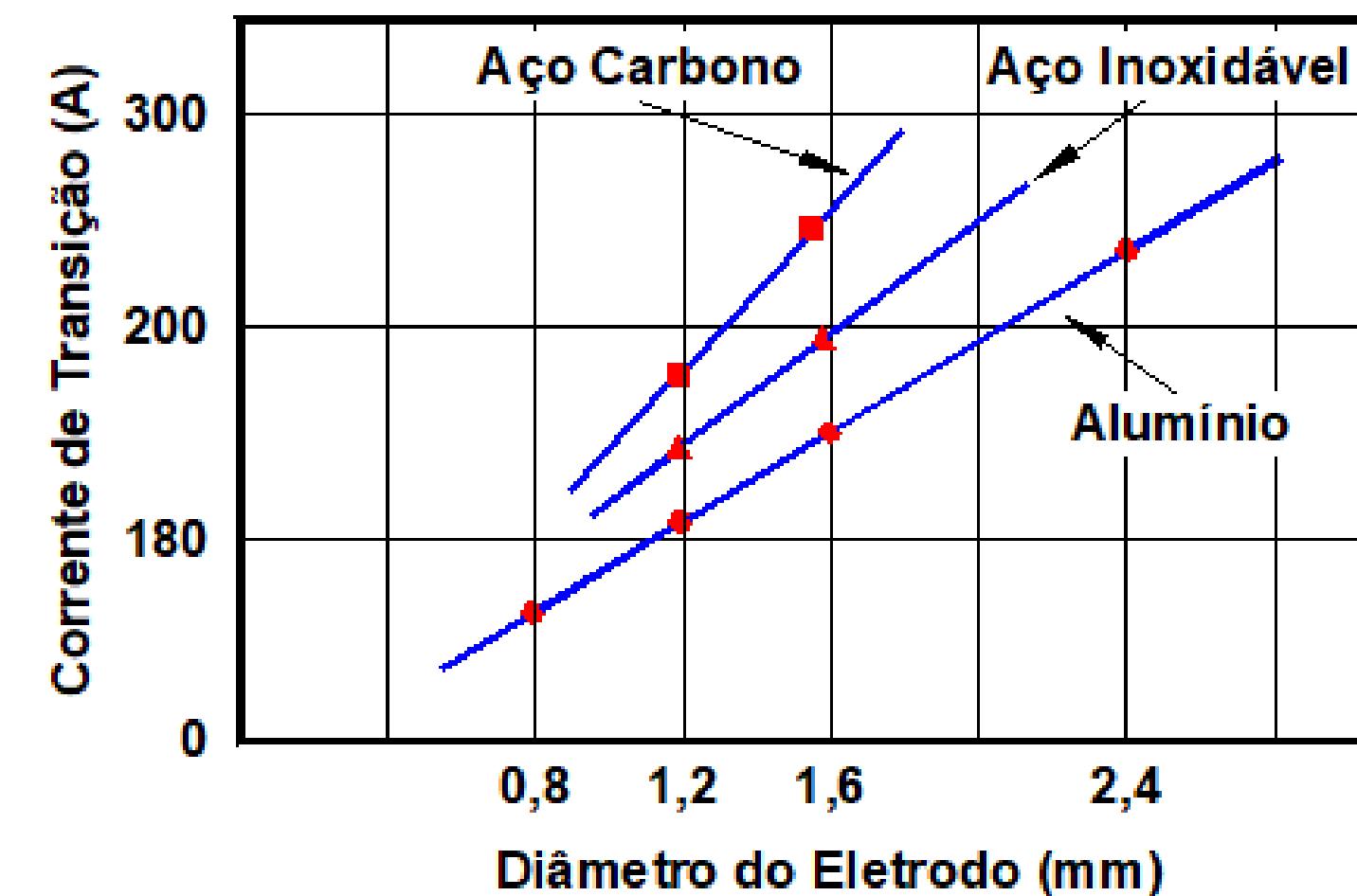
CORRENTE DE TRANSIÇÃO

Electrode wire material	Electrode wire diameter, mm	Shielding mixture	Transition current, A
Low-carbon steel	0,8	95%Ar + 5%CO ₂	140
	1,0		180
	1,2		240
	1,6		280
Low-carbon steel	0,8	80%Ar + 20%CO ₂	160
	1,0		200
	1,2		275
	1,6		280
Stainless steel	0,9	98%Ar + 2%O ₂	170
	1,0		170
	1,2		225
	1,6		285
Aluminium	0,8	Argon	90 - 95
	1,0		100
	1,2		120
	1,6		170 - 180

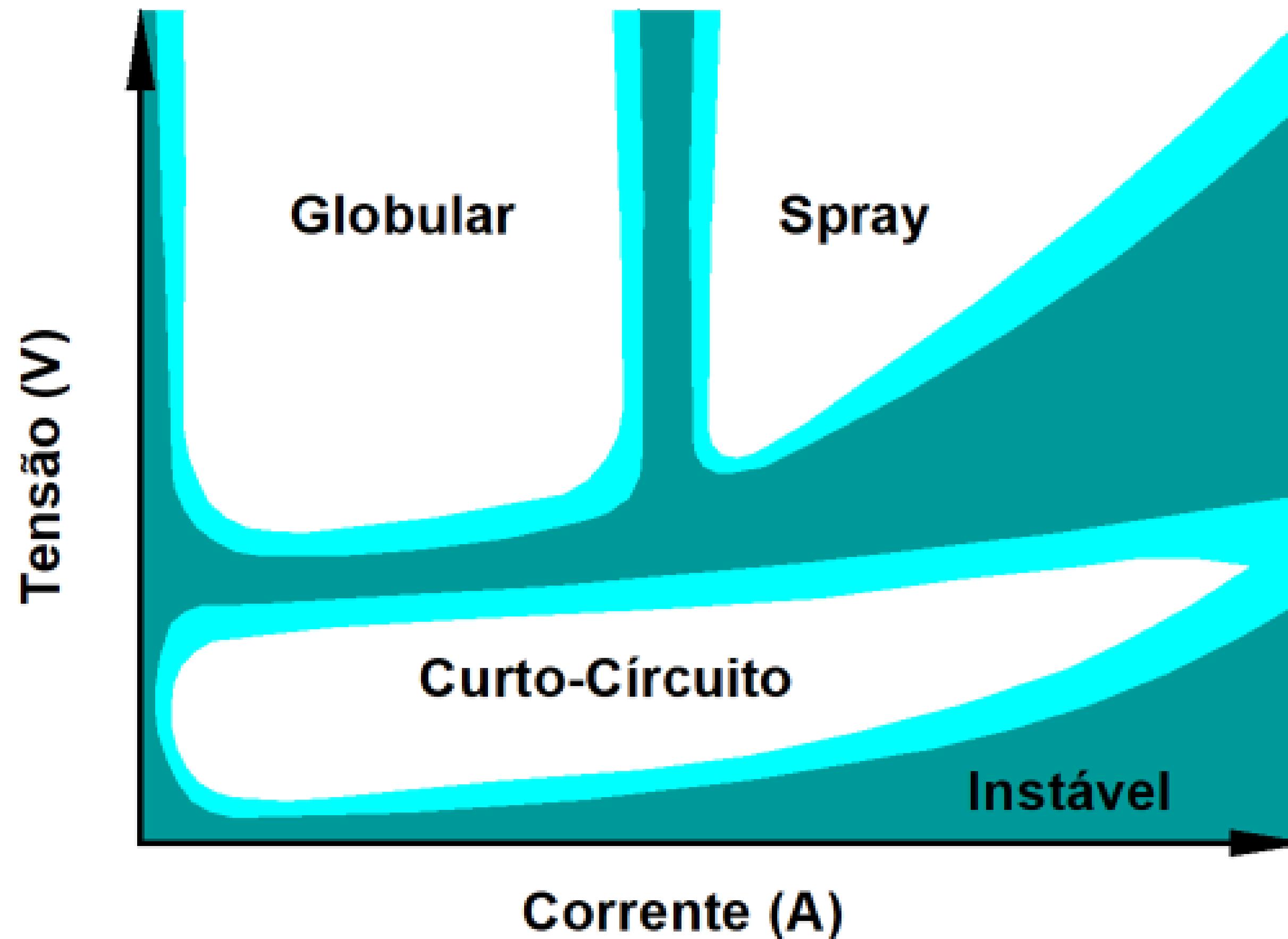
TRANSFERÊNCIA METÁLICA

CORRENTE DE TRANSIÇÃO

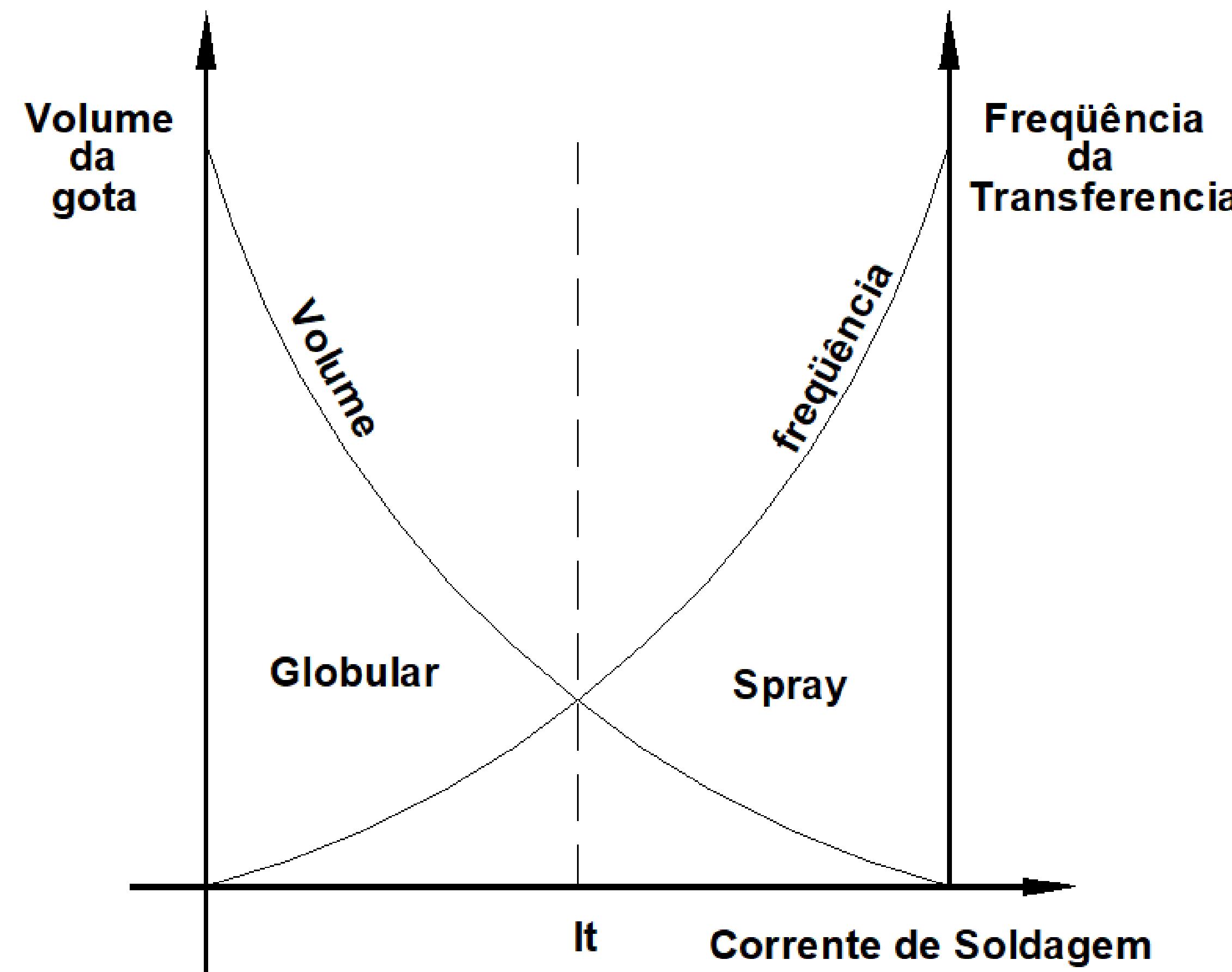
- Composição química do arame: por exemplo, a corrente de transição de arames de aço inoxidável é maior do que a de alumínio;
- Diâmetro do eletrodo: a corrente de transição aumenta com o diâmetro do eletrodo;
- Composição do gás de proteção: a transferência aerossol é observada na soldagem com misturas de proteção ricas em argônio;
- Comprimento do eletrodo: quando este aumenta, a corrente de transição tende a ser reduzida



TRANSFERÊNCIA METÁLICA



TRANSFERÊNCIA METÁLICA

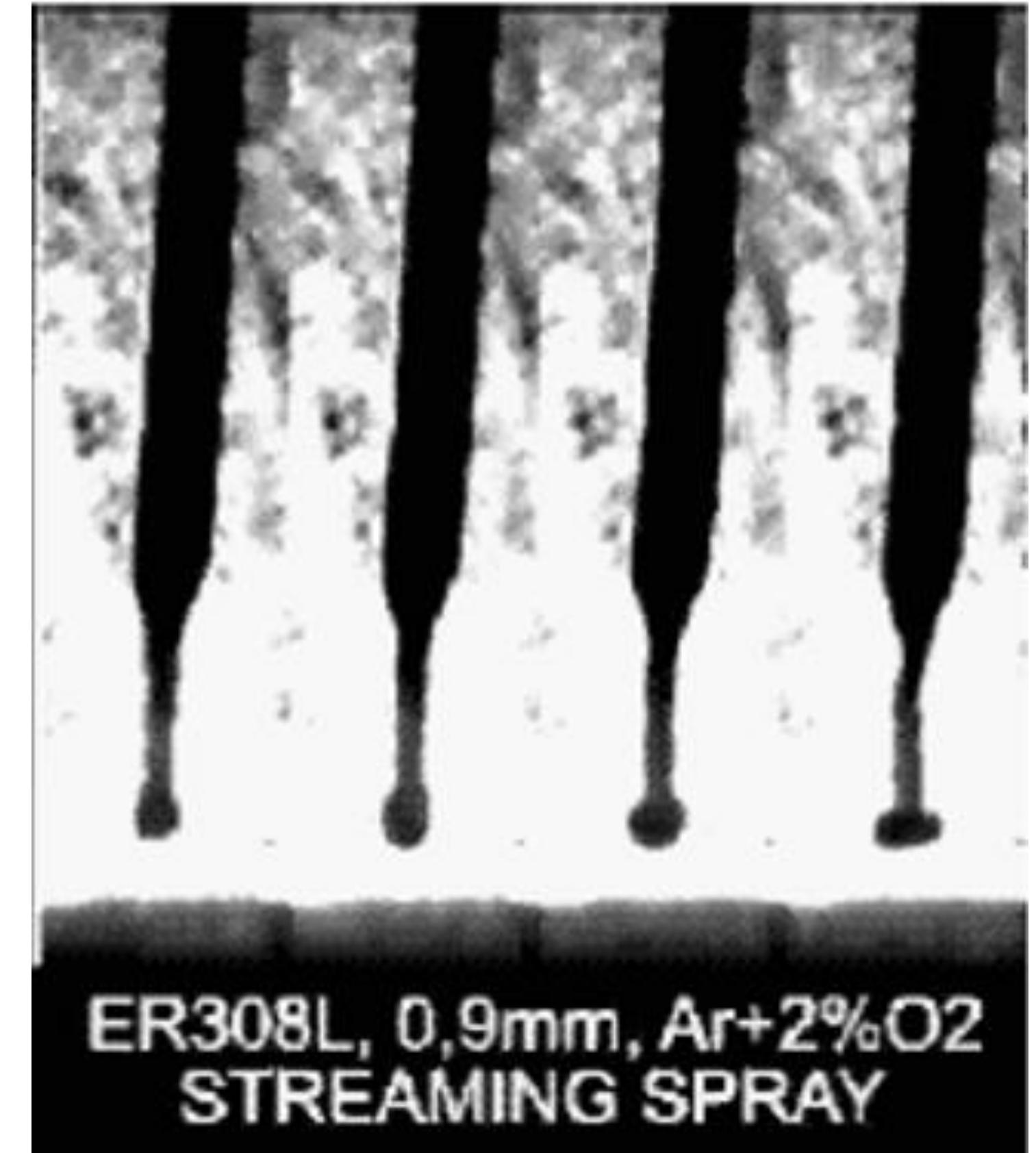


TRANSFERÊNCIA METÁLICA

GOTICULAR COM ALONGAMENTO

CARACTERÍSTICAS

- MAIOR CORRENTE;
- FORMAÇÃO DE UM CONE NA PONTA;
- DIAMETRO DA GOTA MENOR QUE DO ELETRODO;
- TRANSFERÊNCIA REGULAR E ESTÁVEL;
- TÍPICO DE SOLDAGEM MIG COM ELETRODO DE ALTA RESISTIVIDADE E MISTURA DE Ar COM BAIXO O₂.
- DEVIDO OA ALTO CALOR IMPOSTO
 - alta produção
 - limita a soldagem posicional

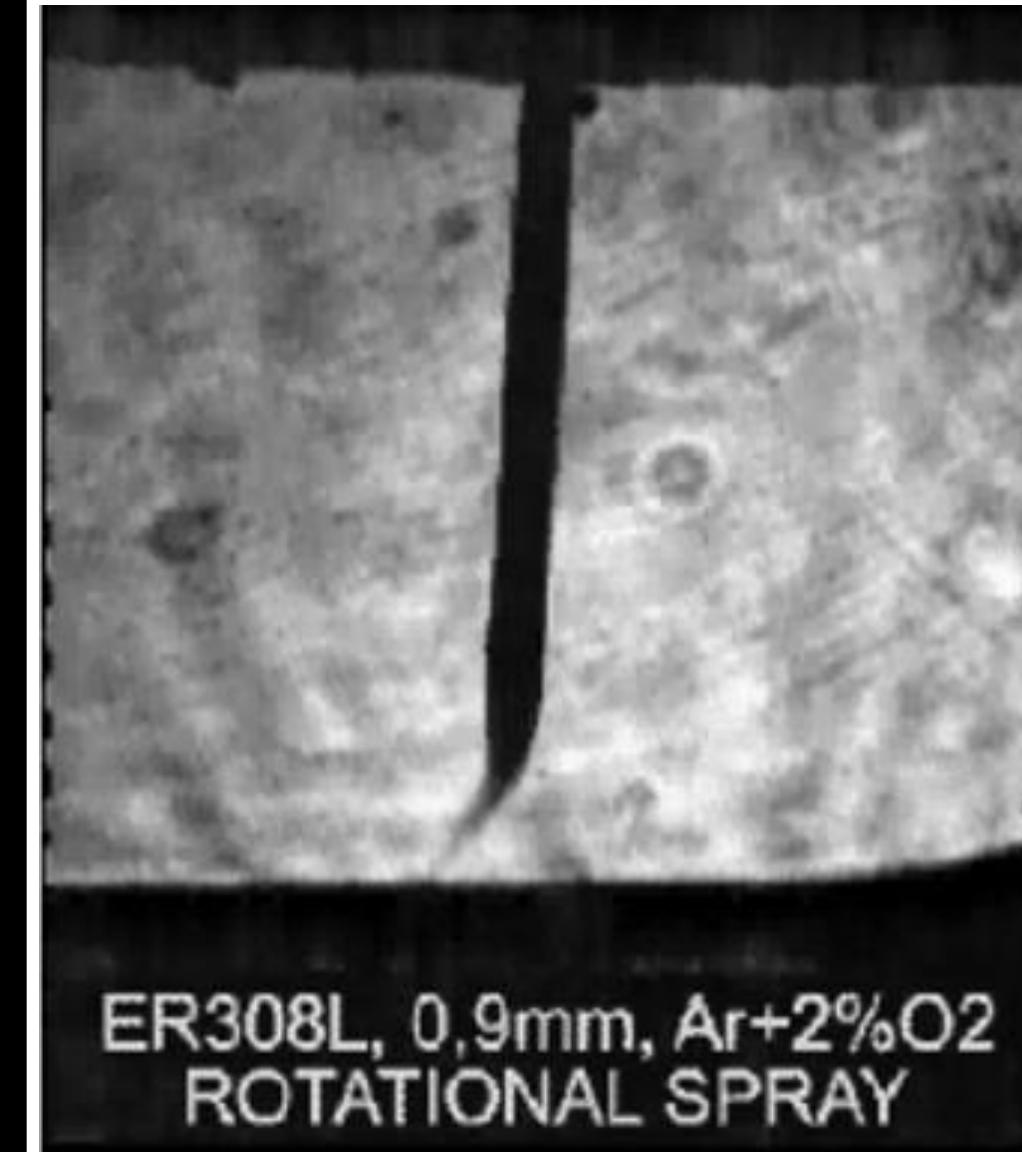


TRANSFERÊNCIA METÁLICA

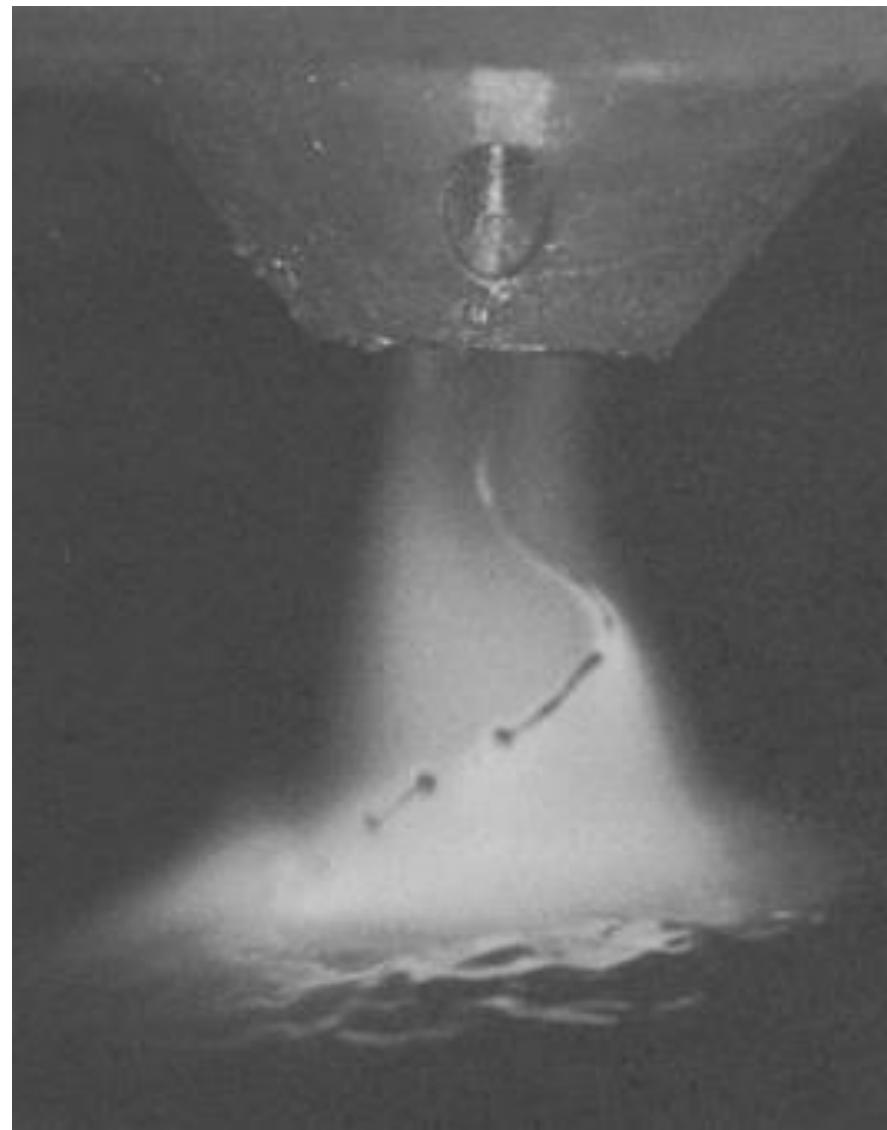
GOTICULAR ROTACIONAL

CARACTERÍSTICAS

- MAIOR CORRENTE AINDA;
- PONTA É PIVOTADA NA SUA BASE
EFRAZENDO UM MOVIMENTO
ROTACIONAL-ESPIRAL (CONE);
- DIAMETRO DA GOTA MUITO
MENOR QUE DO ELETRODO;
- MUITOS RESPINGOS E
INSTABILIDADE (INDESEJÁVEL)



[vídeo](#)

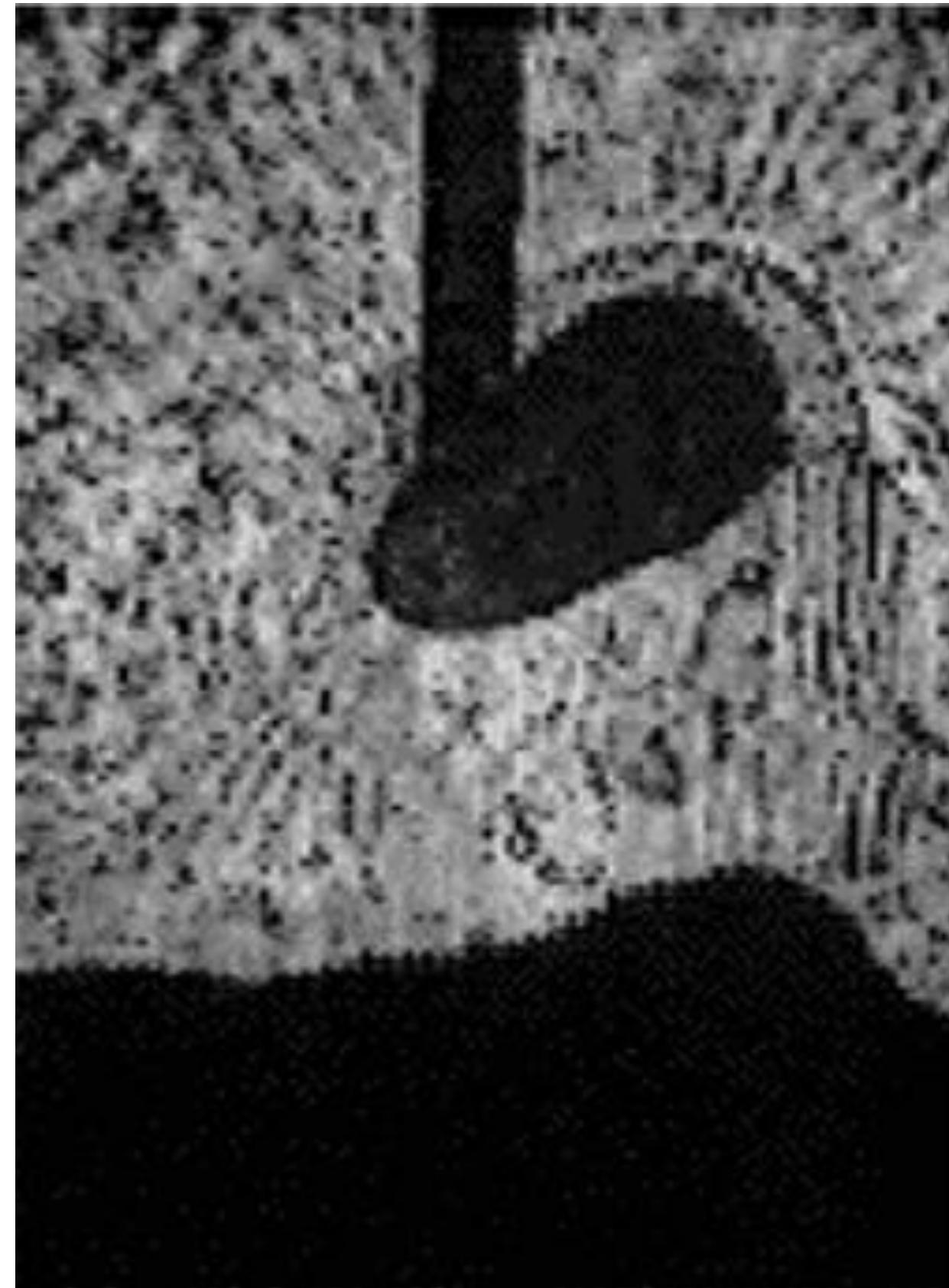


TRANSFERÊNCIA METÁLICA

GOTICULAR REPELIDA

CARACTERÍSTICAS

- DIAMETRO DA GOTA MUITO MAIOR QUE DO ELETRODO E DEFLETIDAS PARA UM LADO (FORÇAS DE PLASMA ELETROMAGNETICAMENTE INDUZIDAS OU JATOS DE VAPOR);
- COMUM EM MIG/MAG ELETRODO NEGATIVO E FCAW AUTO PROTEGIDO
- MAS COMUM TAMBÉM EM SOLDAGEM INOX COM ALTO TEOR DE He
- INDESEJÁVEL



[vídeo](#)

TRANSFERÊNCIA METÁLICA

GOTICULAR EXPLOSIVA

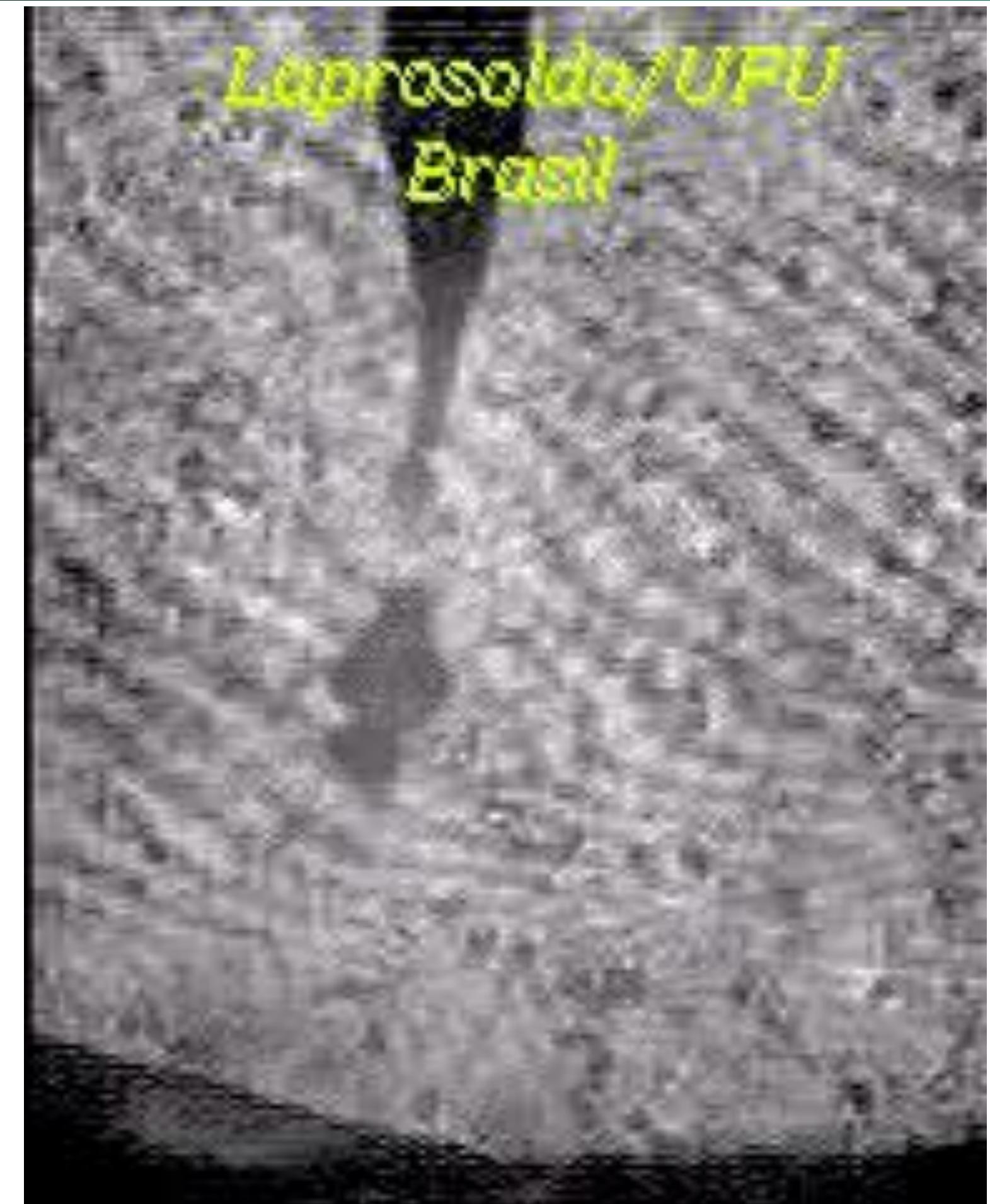
CARACTERÍSTICAS

- GOTAS QUE EXPLODEM ANTES DO DESTACAMENTO;
- COMUM EM MIG DE ALUMÍNIO COM ELETRODO CONTENDO Mg;
- INEVITÁVEL;
- CAUSA FUMOS (respingos muito finos)



TRANSFERÊNCIA METÁLICA

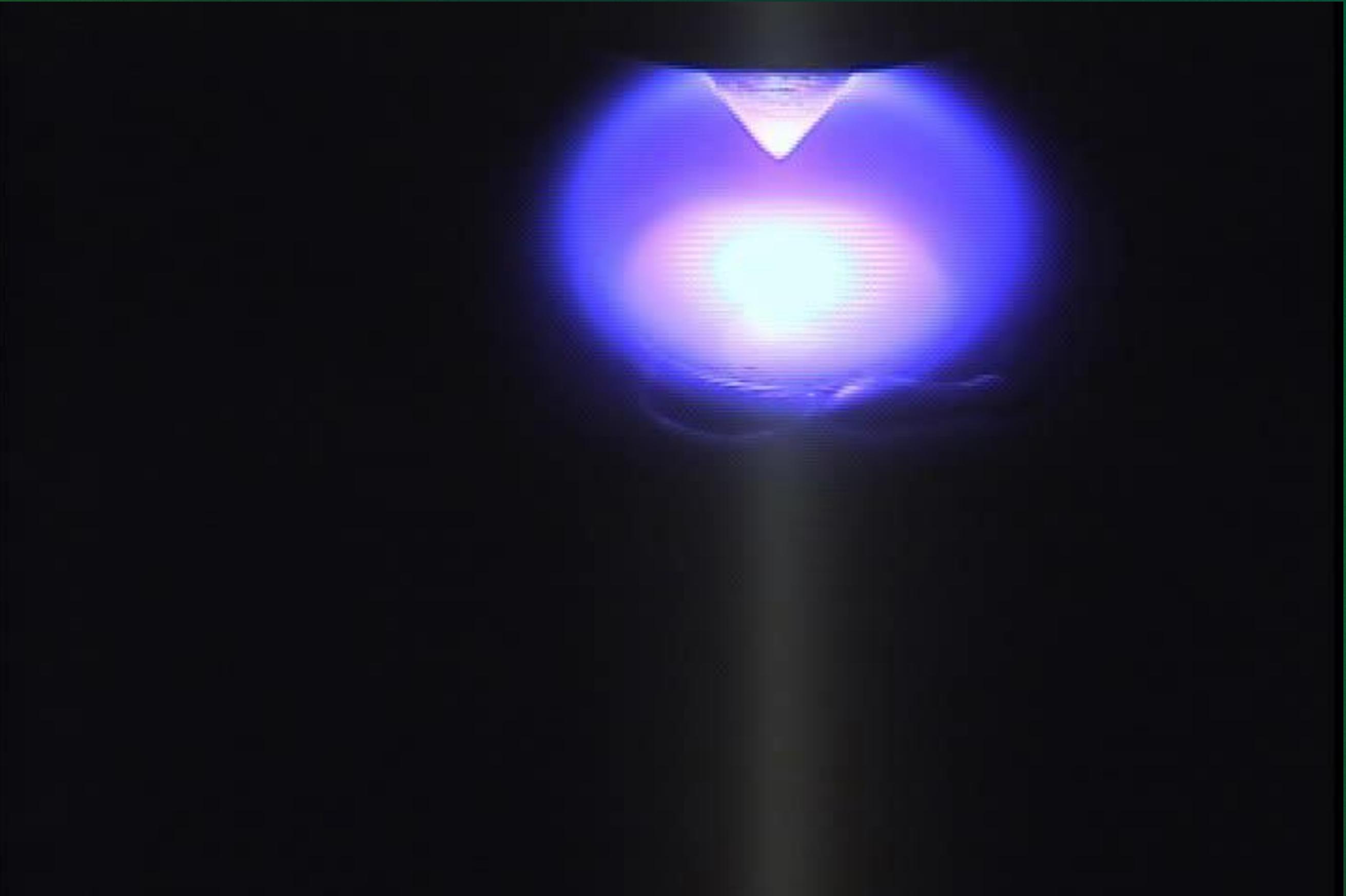
VÔO LIVRE ESPECIAL



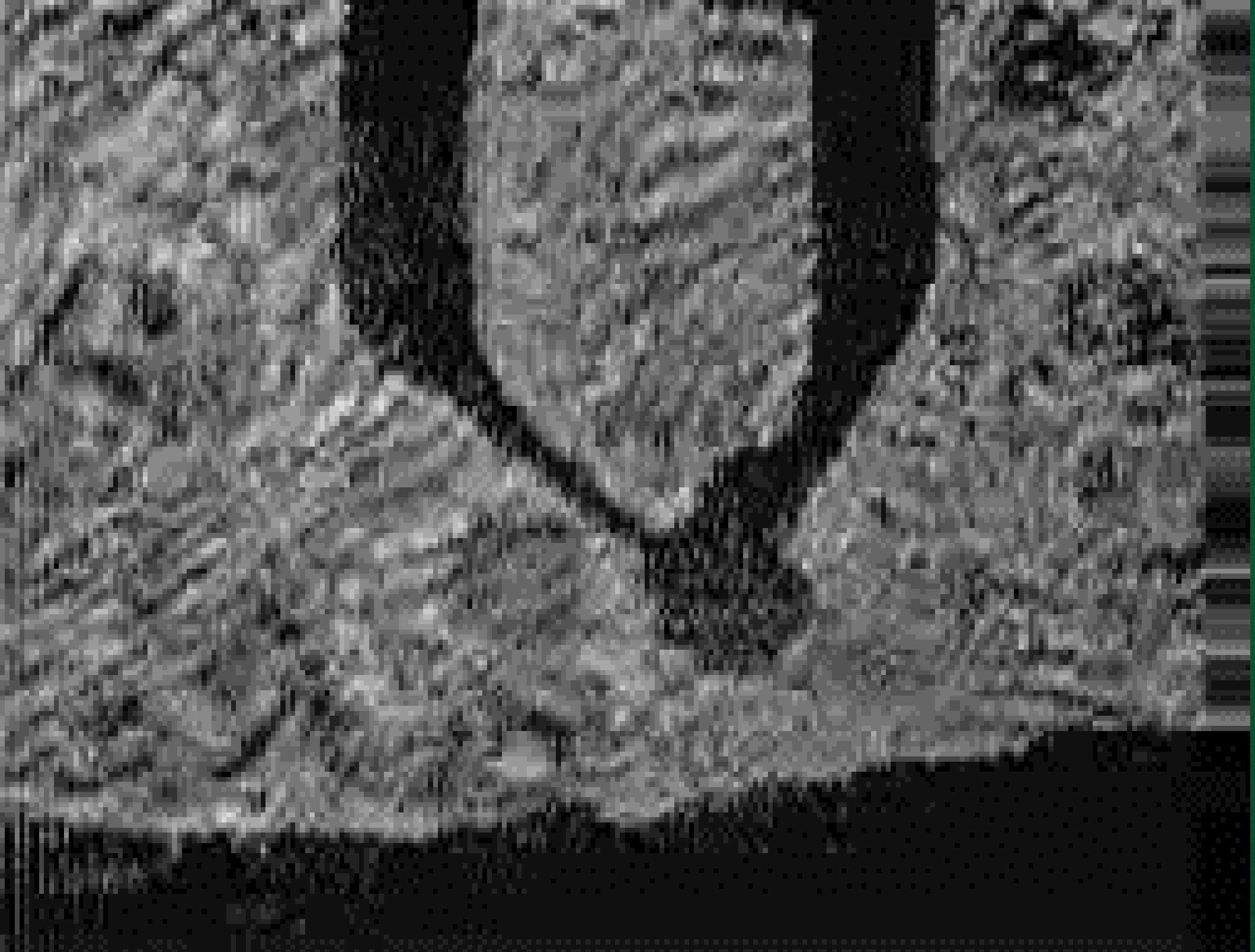
FIM



voltar



voltar

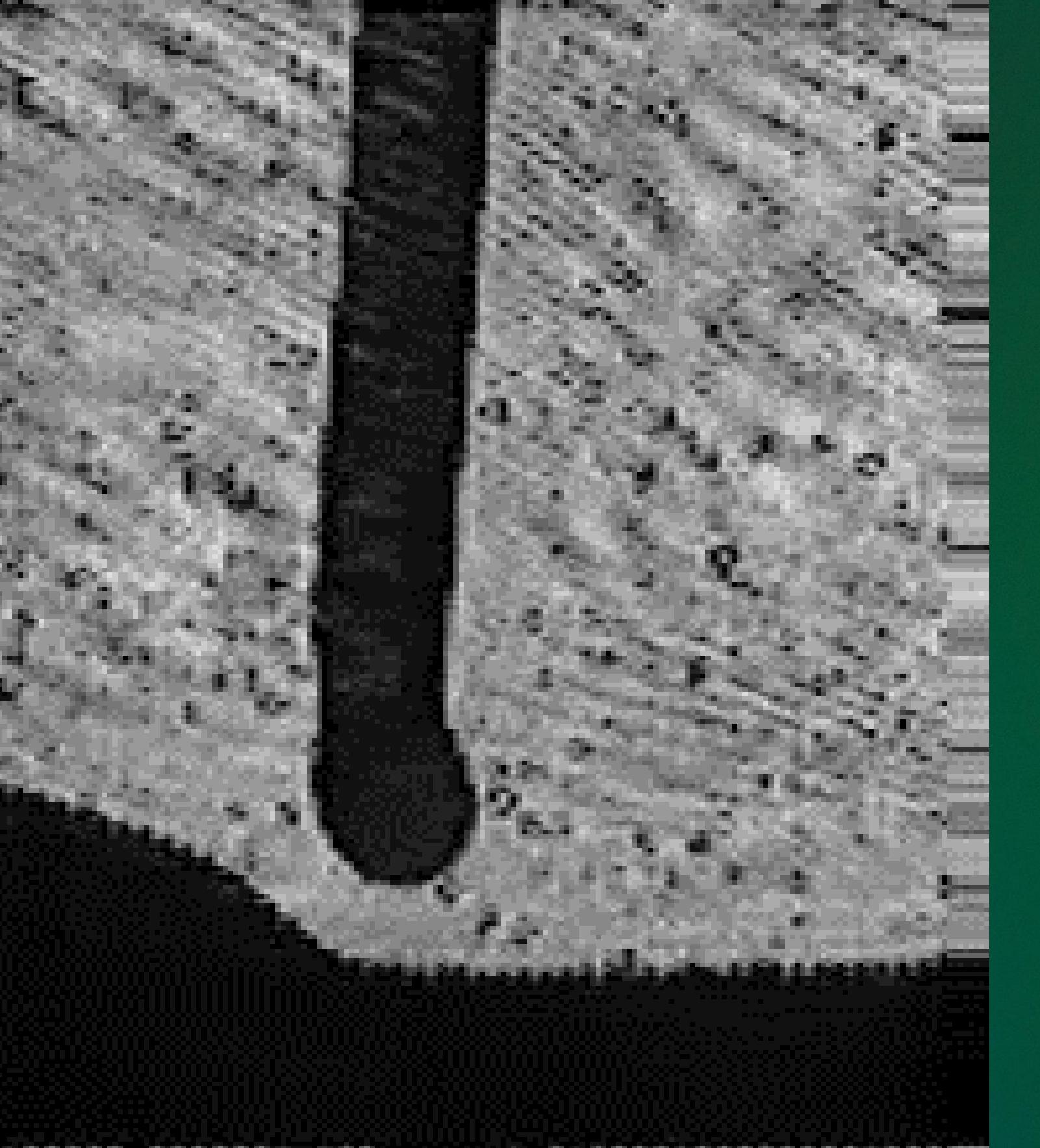


[voltar](#)

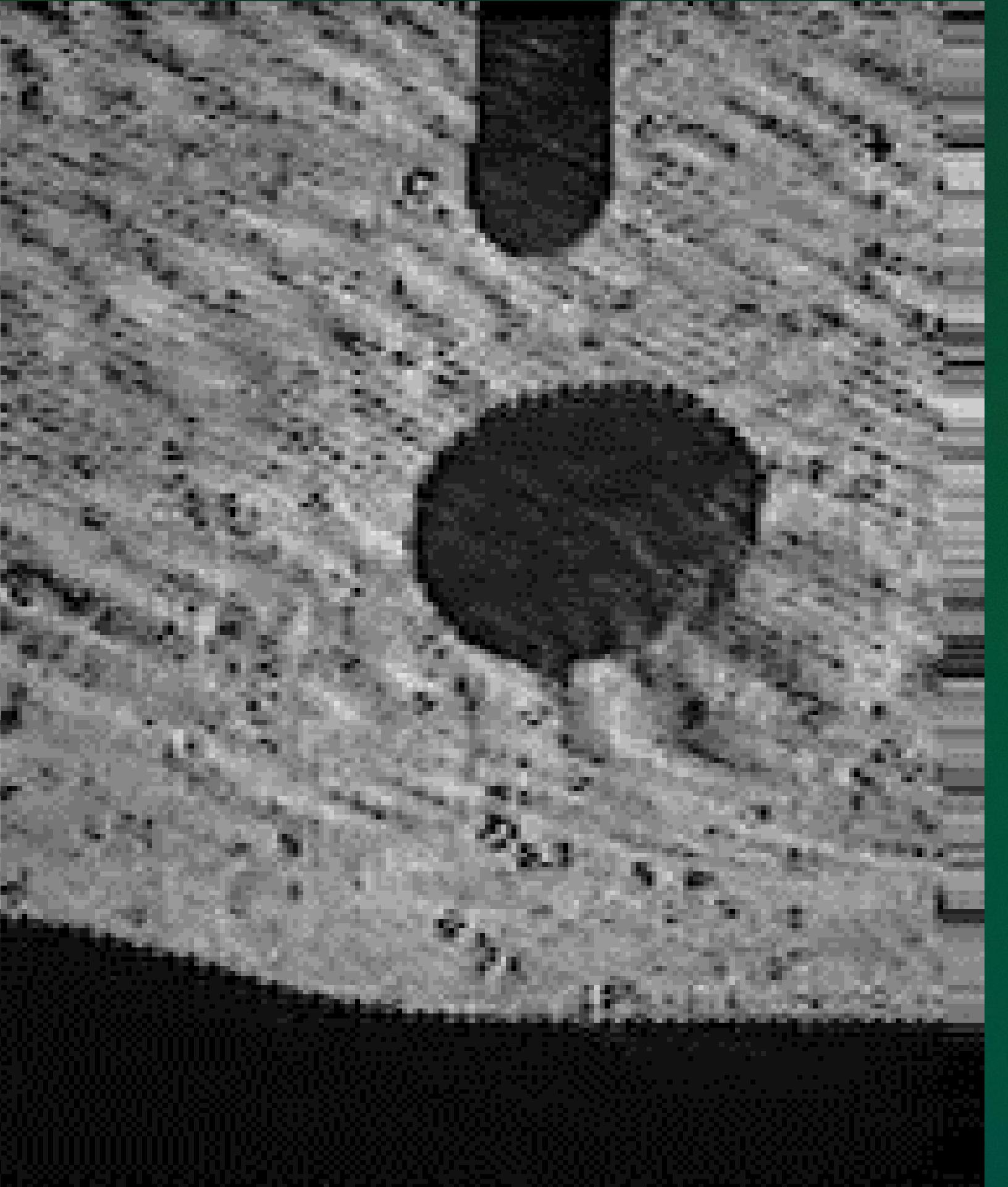
[voltar](#)

Laprossefa/UFG Brazil

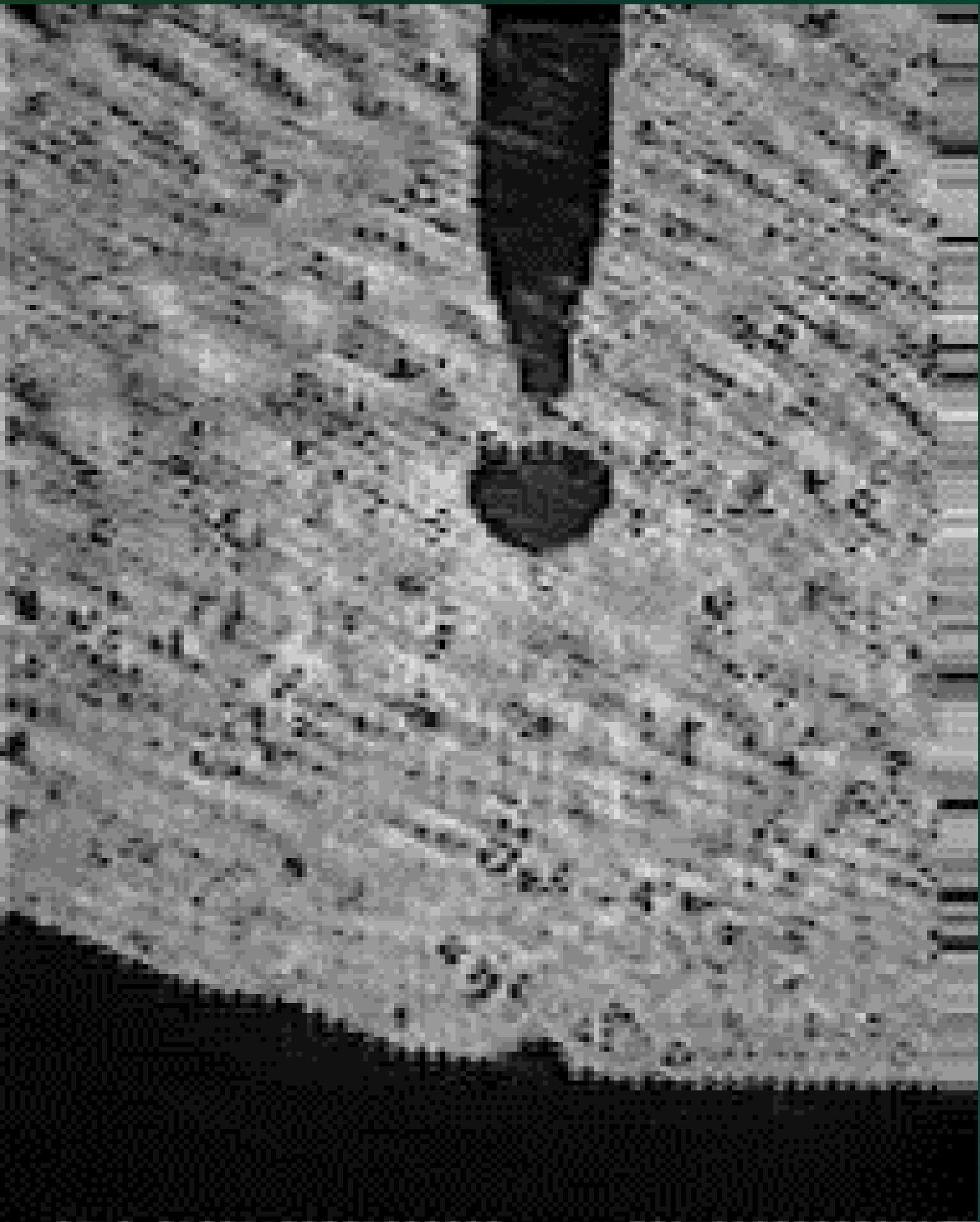




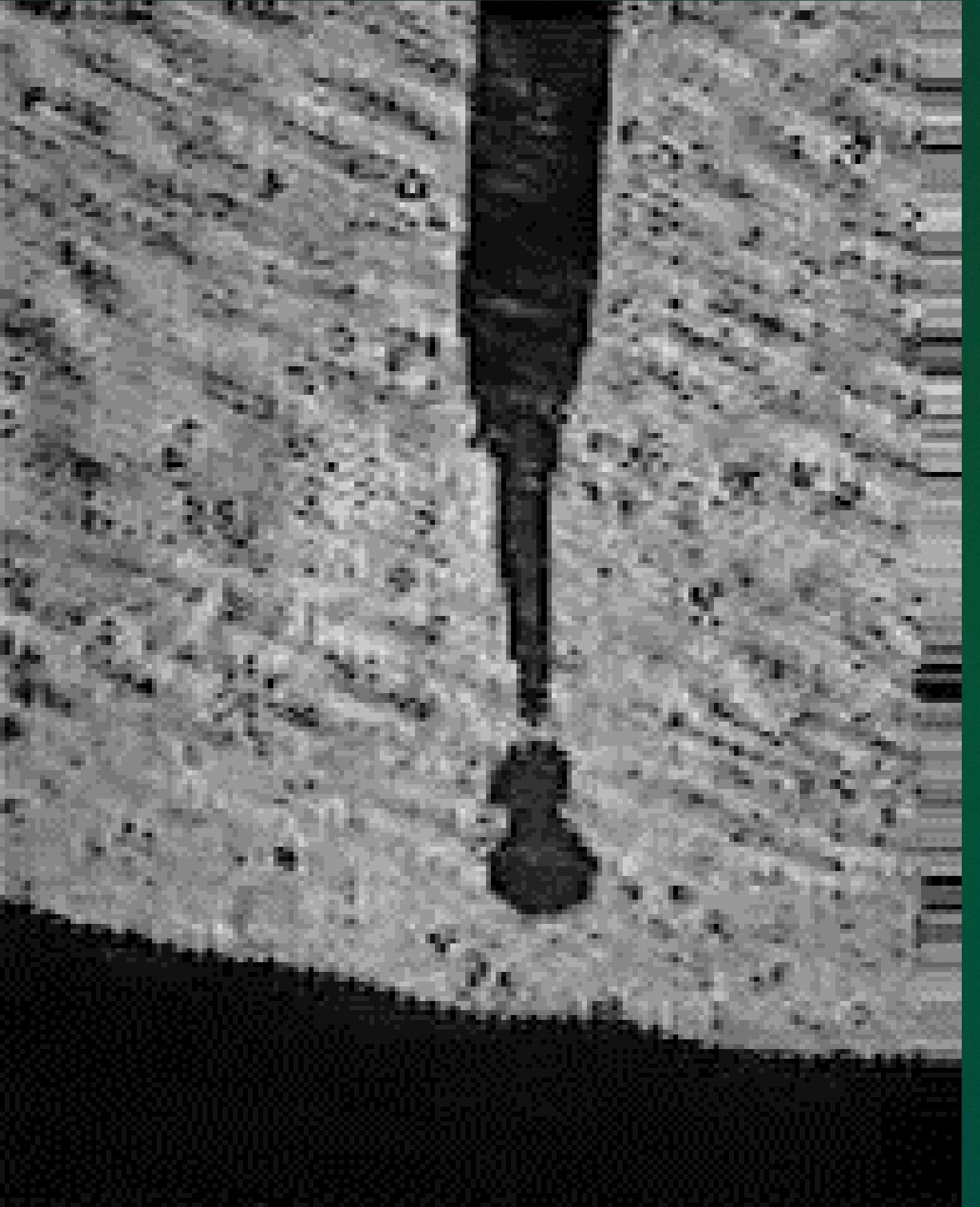
voltar



voltar



voltar



voltar

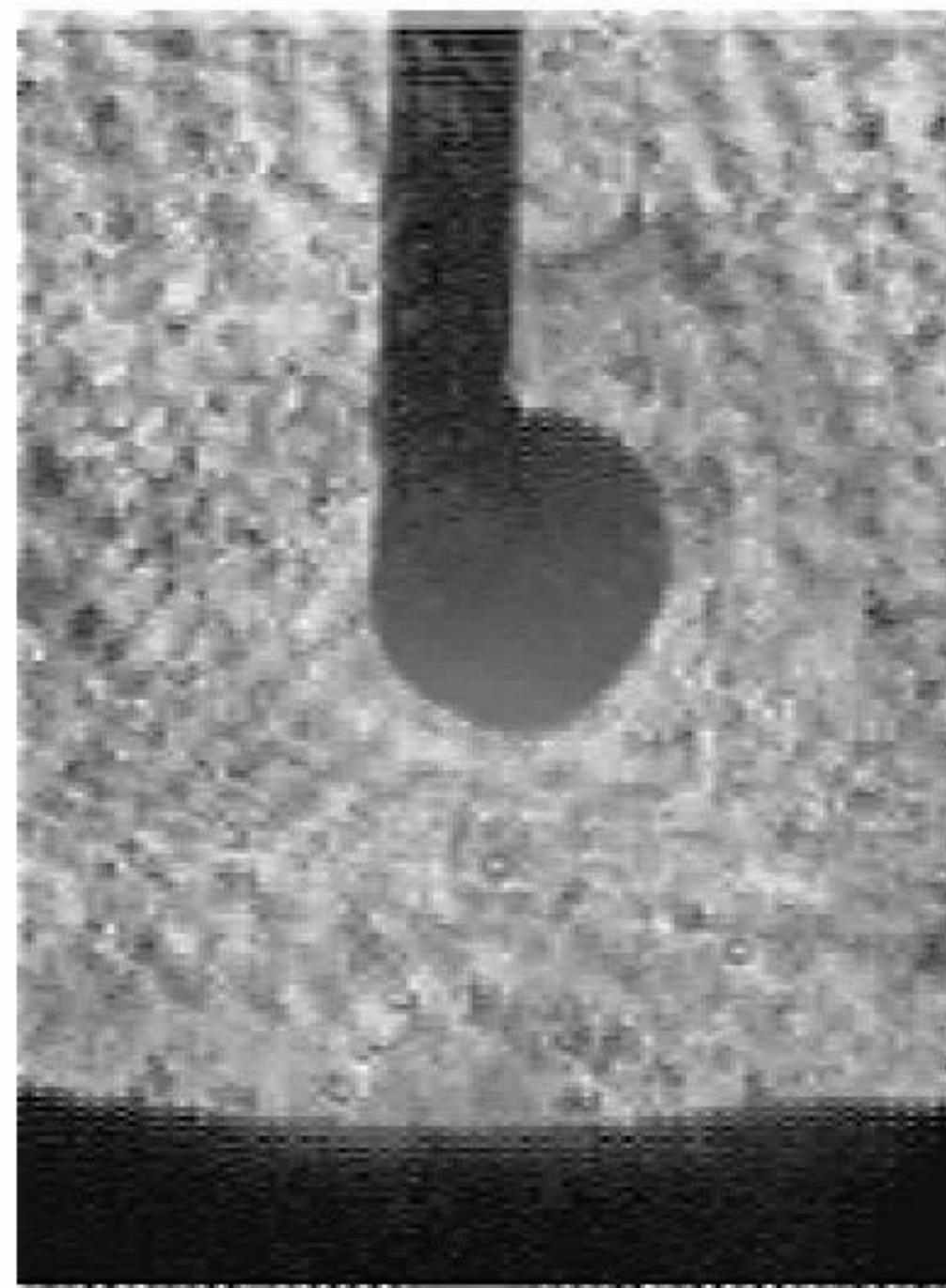
[voltar](#)



LaproSolla/UFG
Brasil

voltar

20%CO₂



Laprosolda/UFU/Brazil

