

PMR 3103

**Elementos e Métodos de
União / Fixação**

Elementos e Métodos de União/Fixação

1.Objetivo da União/ Fixação

Unir duas ou mais peças de maneira a tornar possível a transmissão de força e/ou movimento

2. Classificação

- **Uniões Desmontáveis ou Móveis**

“Podem ser desfeitas (desmontadas) sem provocar dano (destruição) tanto às peças unidas quanto aos elementos utilizados para a fixação”

Exemplo: porcas/parafusos, pinos ou anéis elásticos

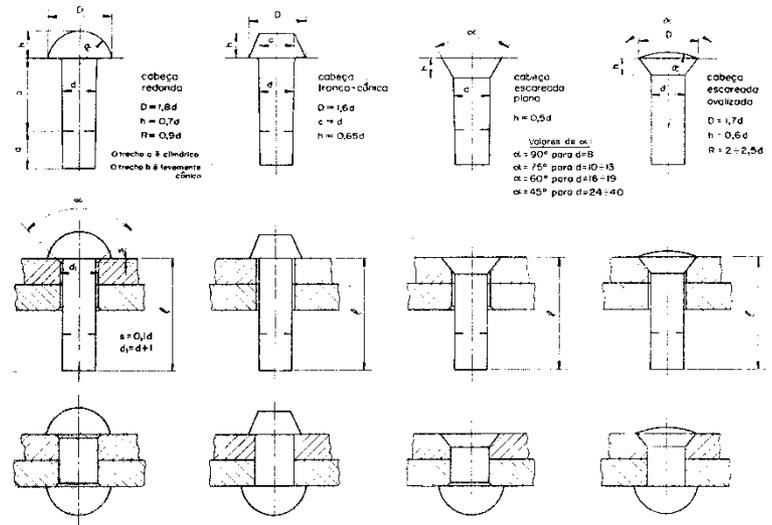
- **Uniões Fixas ou Permanentes**

“Ao serem desfeitas podem provocar dano ou perda total das peças unidas e/ou dos elementos utilizados para a fixação”

Exemplo: rebites, adesivos ou soldas

3. Rebites

Princípio de Funcionamento



“Neste tipo de união, o elemento de fixação, denominado “REBITE”, é montado em furos usinados nos elementos a serem fixados, sendo responsável pela transmissão de esforços entre os elementos da união.”



3. Rebites

- **Processos de Conformação da Cabeça**

O rebite é fabricado com uma de suas cabeças pré-moldada, sendo que a outra cabeça é conformada na própria obra.

São utilizados os seguintes tipos de cabeça:

- redonda
- tronco-cônica
- escareada
- escareada ovalizada

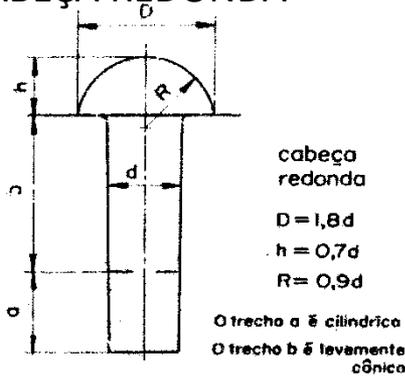
A cabeça conformada na obra é sempre redonda.

Obs.: não se cortam rebites em sentido longitudinal.

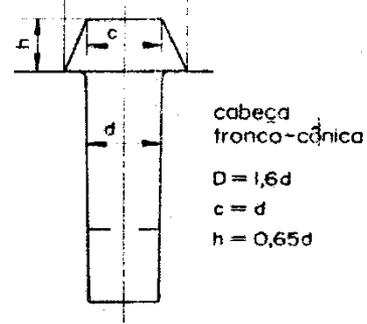
REBITES

Norma ABNT EB-48/R

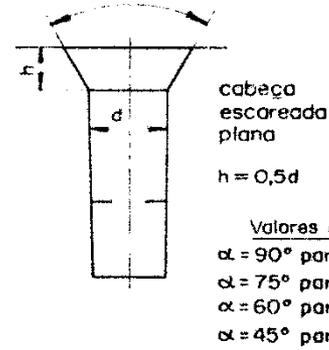
CABEÇA REDONDA



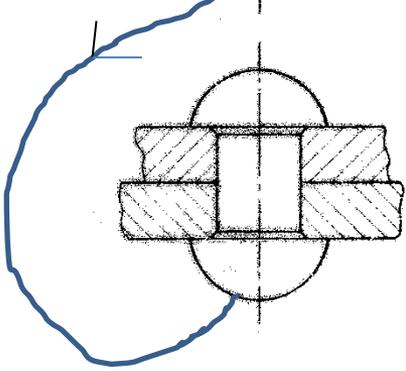
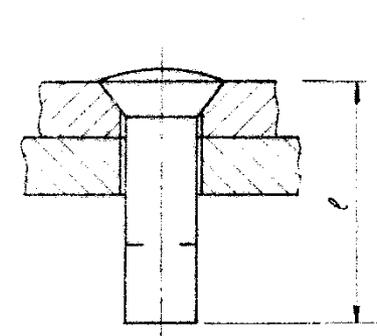
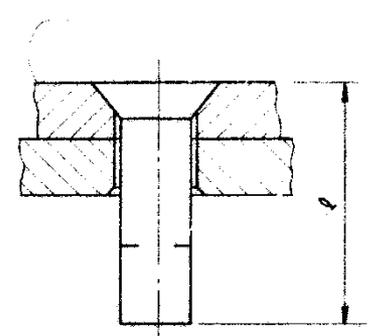
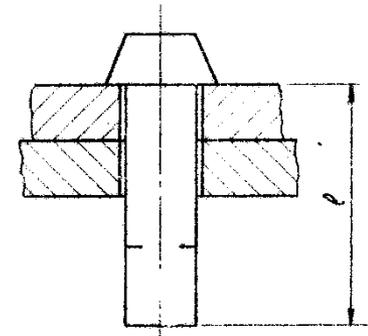
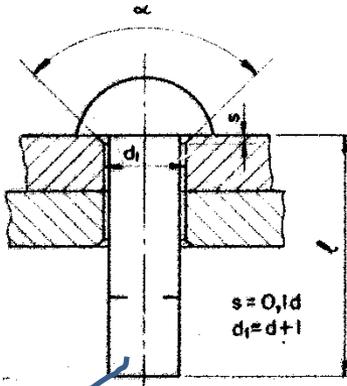
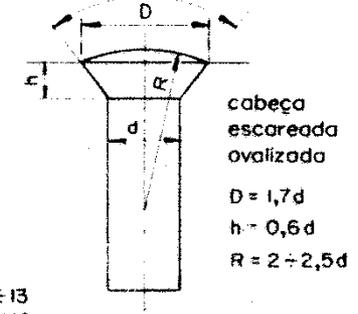
CABEÇA TRONCO-CÔNICA



CABEÇA ESCAREADA PLANA



CABEÇA ESCAREADA OVALIZADA



Conformado

Torre Eiffel



Torre Eiffel

Projetada e construída por **Gustave Eiffel**

Exposição Mundial de **1889** comemorando o Centenário da Revolução Francesa.

Alguns Dados:

- 300 trabalhadores
- 2 anos (1887-1889) para construção
- Oscilação de, no máximo, 120 mm em ventos fortes.
- Altura (324m) varia até 150 mm dependendo da temperatura.
- 15.000 peças de aço (excluindo rebites).
- 2,5 milhões de rebites
- 40 toneladas de pintura.



<https://www.youtube.com/watch?v=I9Q5OHYDbvo>



https://www.youtube.com/watch?v=FwTAZN_00Ww

ESTRUTURAS REBITADAS



Boeing 747-400

Custo da Estrutura:
US\$100 milhões

Materiais: ligas de Al e
PRFC (polímero reforçado
com fibra de carbono)

Peso Vazio: 180.895kg

Peso Máximo Total:
396.890kg

Fixadores: 3 milhões (1,5
milhões de rebites)



- **Rebites de Expansão/Repuxo
(Rebite “POP”)**

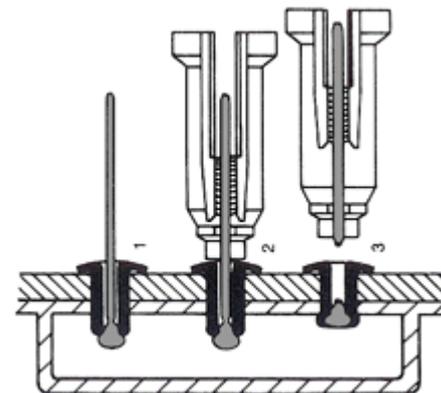
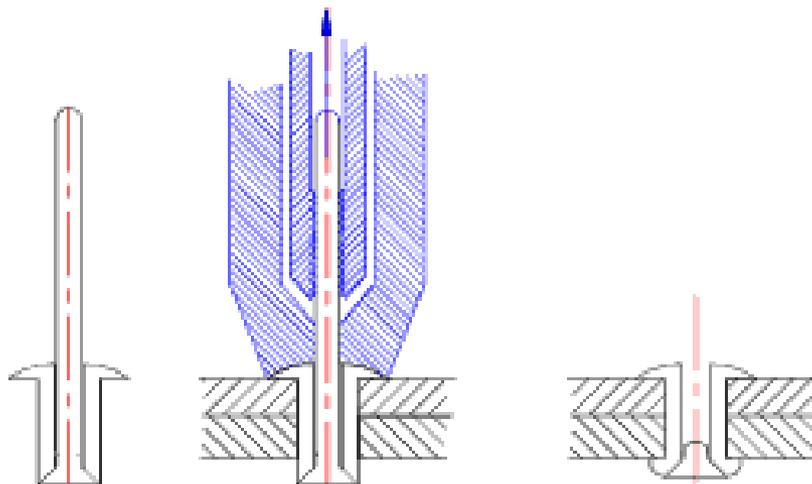
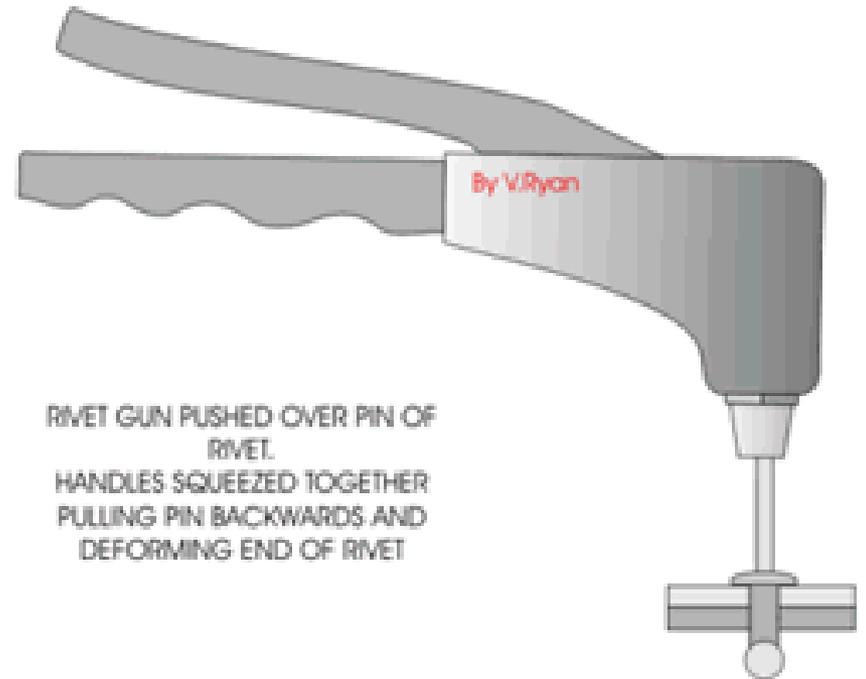
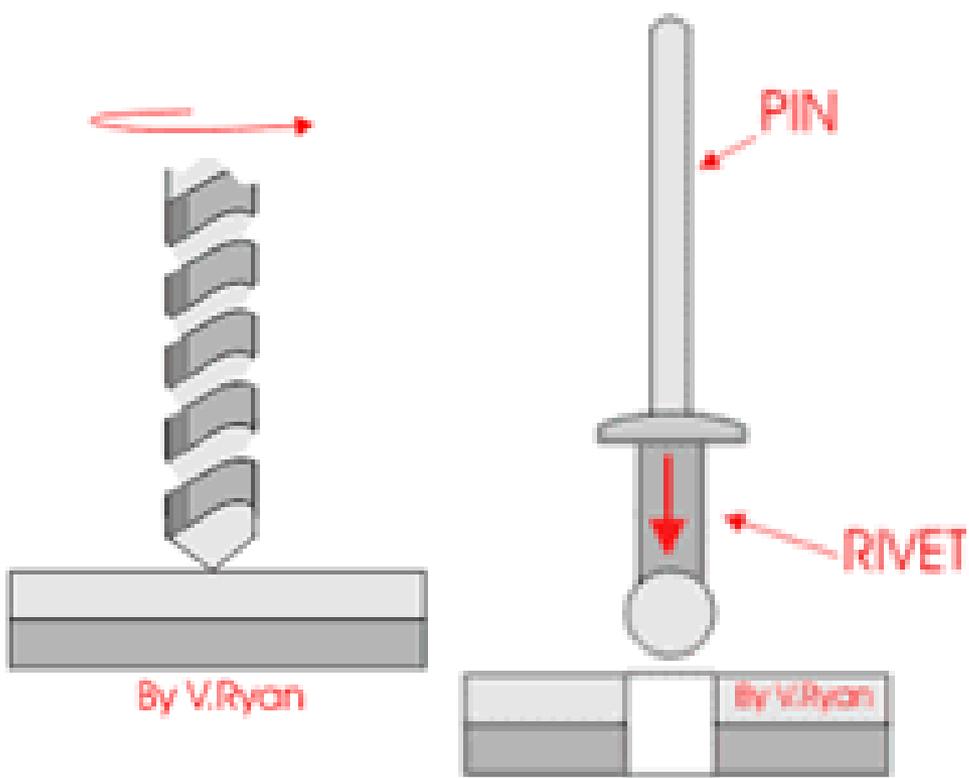
Este tipo de rebite é bastante empregado em situações não estruturais.

O rebite de expansão/repuxo, muitas vezes denominado de rebite “pop”, pode ser instalado na união de uma forma bastante simples, sem necessitar de equipamento especial para conformação da cabeça, nem de acesso a ambos os lados da união.

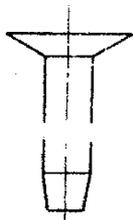
O rebite de expansão é de material metálico, com uma das cabeças já conformada, e com outra cabeça conformada pela movimentação do corpo interno do rebite. Para esta movimentação emprega-se uma ferramenta especial.

- Rebites de Repuxo e Tracionador

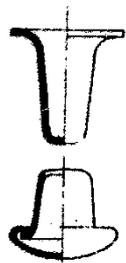




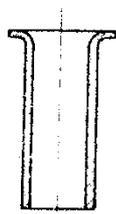
Rebites Especiais



rebite para correia



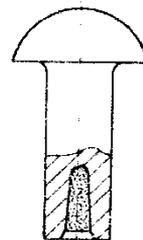
rebite macho e fêmea



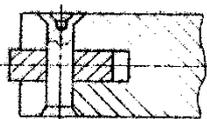
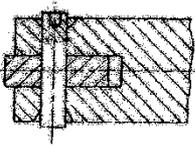
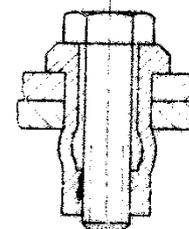
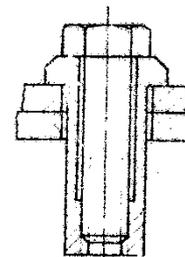
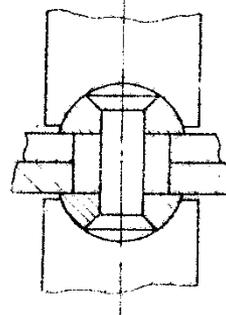
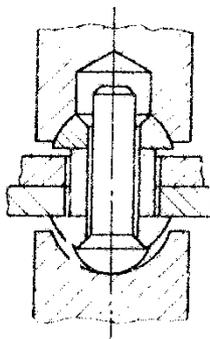
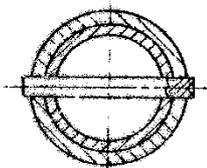
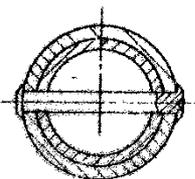
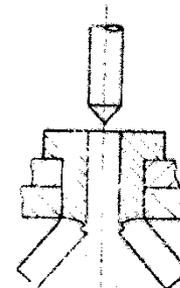
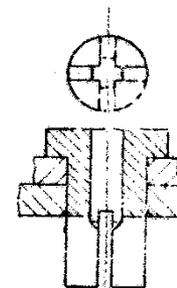
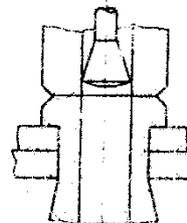
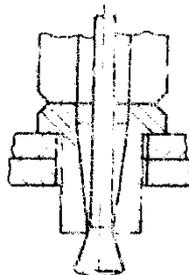
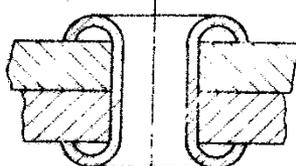
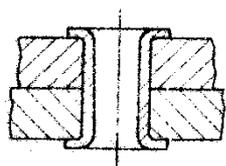
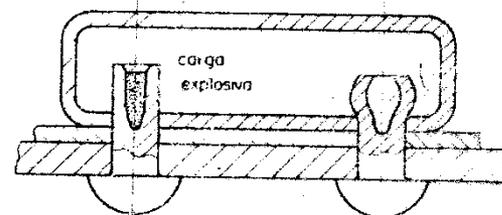
rebite furado



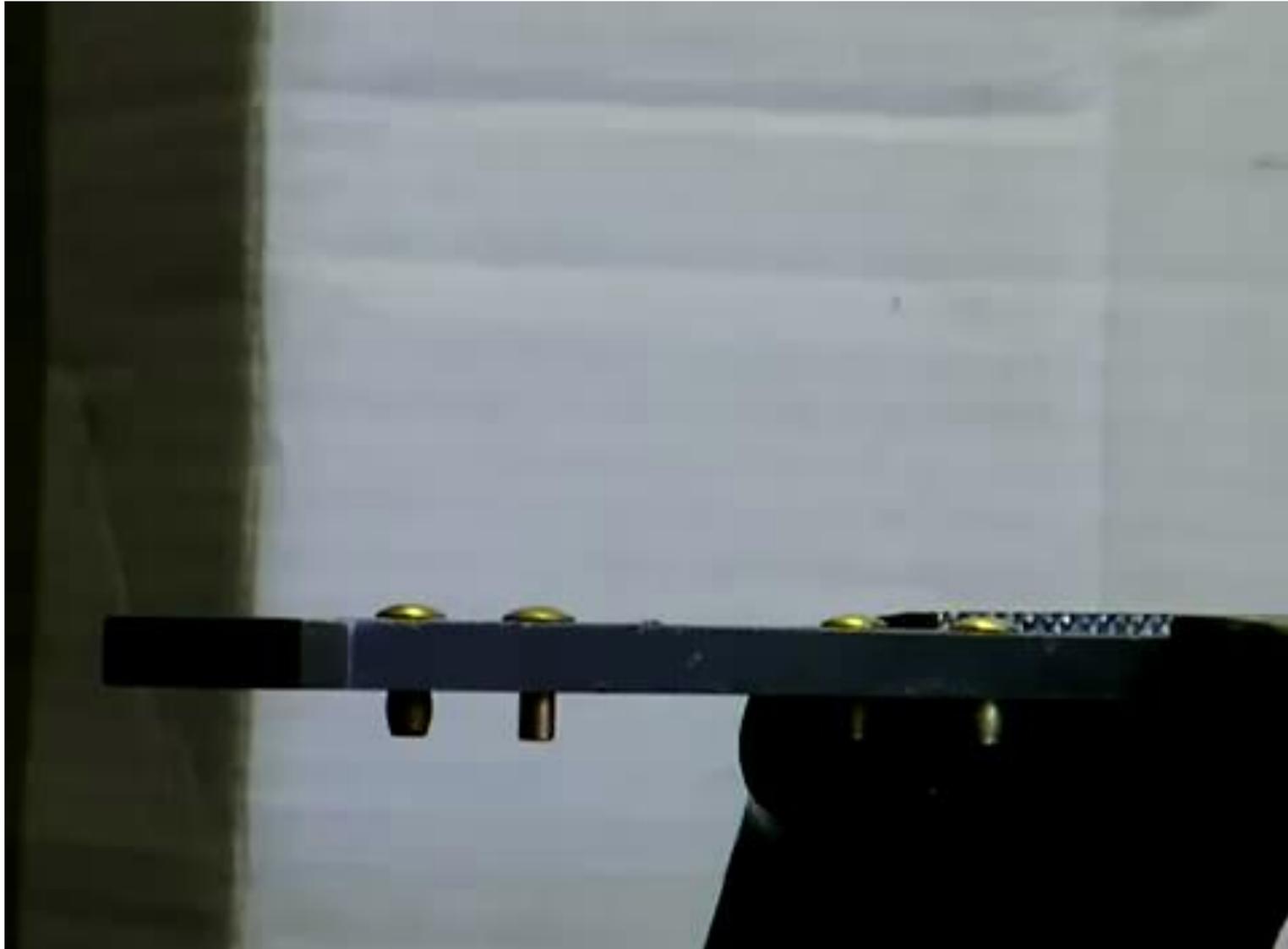
rebites sem cabeça



rebite com carga explosiva



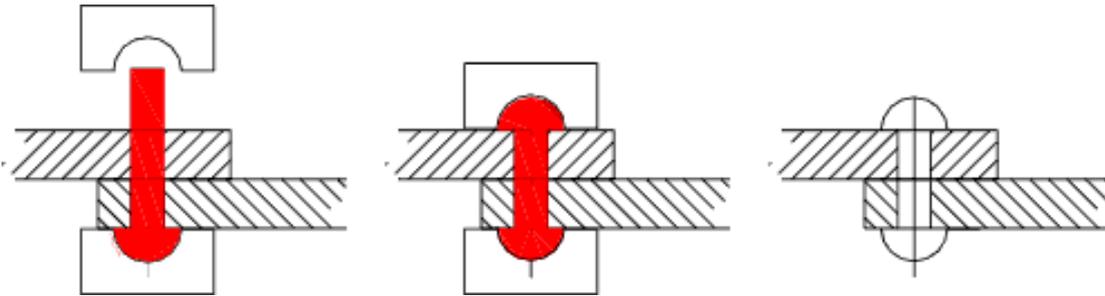
Rebite com conformação por explosivo



<https://www.youtube.com/watch?v=qUEbePVyS3c>

- **Tipos de Junção por Rebites**

O processo de rebiteagem pode ser executado à quente ou à frio.



No processo de **rebiteagem à frio**, o rebite é inserido no furo à **temperatura ambiente**.

Já na **rebiteagem à quente**, o rebite é inserido aquecido no furo, sendo que após a **contração do mesmo** há o aumento da força de **compressão entre as peças unidas**, fato que aumenta a resistência ao cisalhamento da união.



<https://www.youtube.com/watch?v=RFlxsFXBI0>

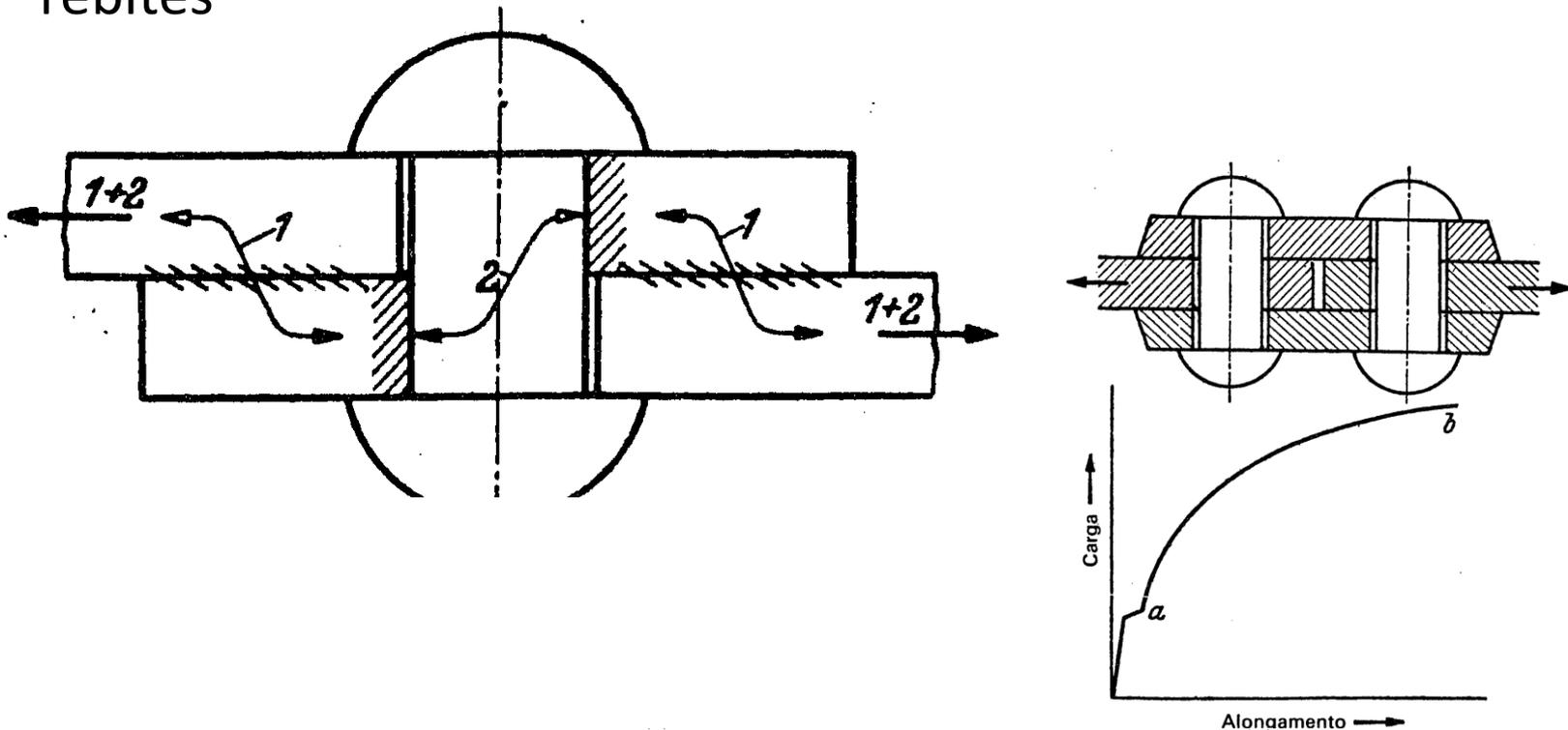


<https://www.youtube.com/watch?v=Ncgq6OPmY4o>

Transmissão de forças através de uma união por rebite

1- por atrito

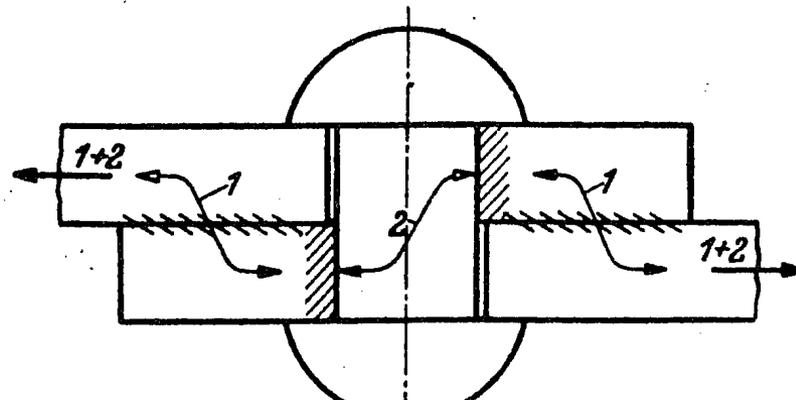
2- por compressão das superfícies cilíndricas dos furos e dos rebites



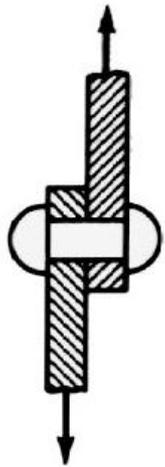
Ensaio de tração de uma junção por rebite. (segundo Röttscher). Em a, dá-se a ultrapassagem do limite de escorregamento e se inicia a aplicação de forças cortantes; em b verifica-se o cisalhamento

- **Tipo de Carregamento Preferencial**

As uniões rebitadas resistem preferencialmente ao **carregamento de cisalhamento**, sendo o rebite responsável por esta resistência. No caso da **rebitagem à quente**, a **força de compressão** entre as peças gera uma **força de atrito** que auxilia na resistência aos esforços de cisalhamento, **aumentando a resistência da união**.



Modos de Falha de Uniões por Rebites



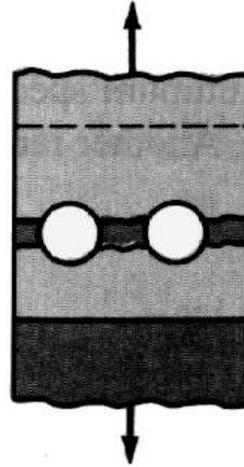
(a)



(b)



(c)



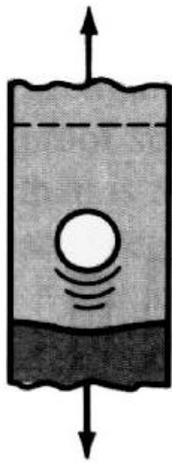
(d)

(a) Aplicação de Rebite

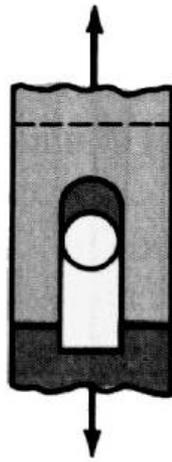
(b) Flexão das Peças Ligadas

(c) Corte do Rebite

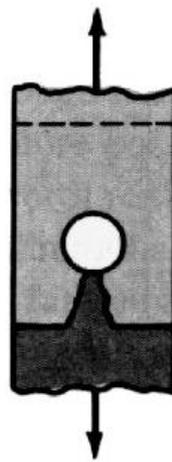
(d) Ruptura das Peças



(e)



(f)



(g)

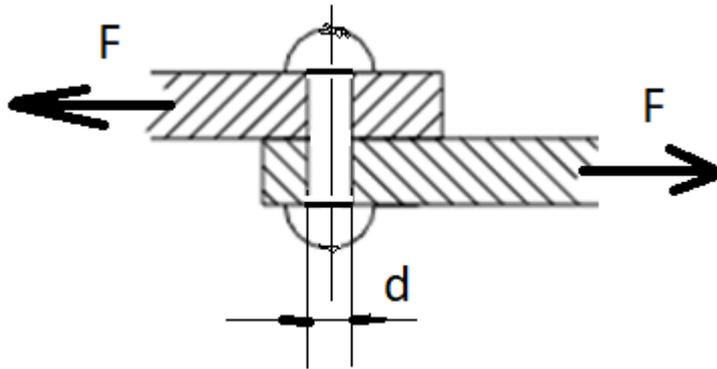
(e) Esmagamento do Rebite ou da Peça

(f) Corte da Bainha

(g) Rasgo da Bainha

Cálculo de Resistência do Rebite ao Cisalhamento

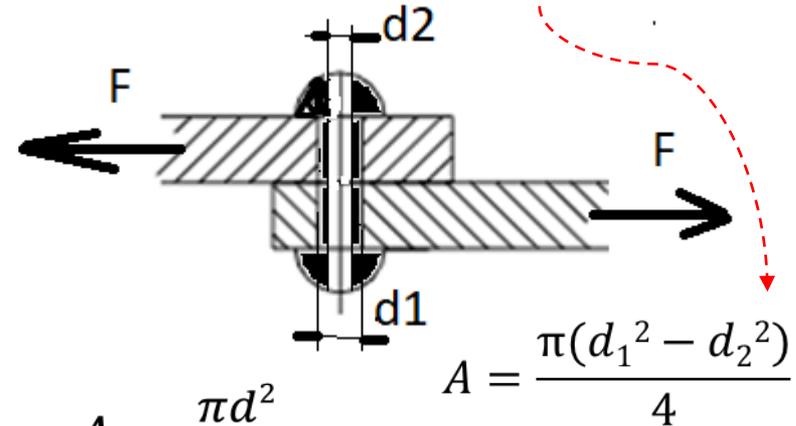
Rebite Maciço (1 rebite)



Área Cisalhada (Rebite Maciço)

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

Rebite Tubular-POP (1 rebite)



$$A = \frac{\pi(d_1^2 - d_2^2)}{4}$$

Tensão de Cisalhamento devida á força F (1 rebite) $\tau = F/A$

Tensão de Cisalhamento admissível (máxima) do material do rebite = τ_{\max}

Para que o rebite não falhe $\tau \leq \tau_{\max}$ $F \leq \tau_{\max} \cdot A$

Força máxima suportada pelo rebite $F_{\max} = \tau_{\max} \cdot A$

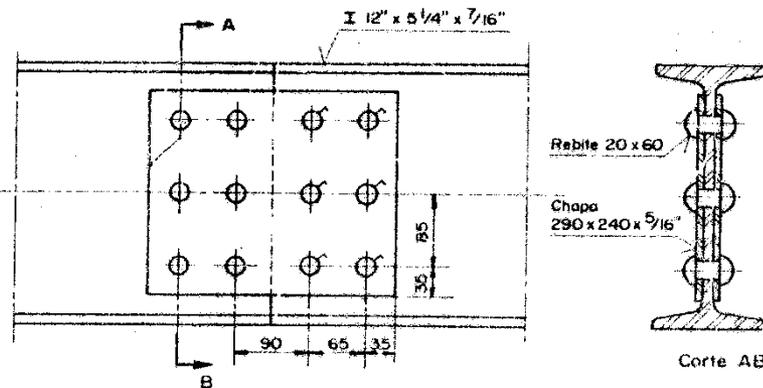
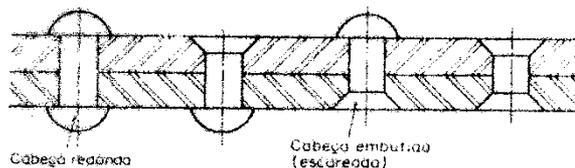
Diâmetro mínimo do rebite para suportar força F $d_{\min} = \sqrt[2]{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot \tau_{\max}}}$

SÍMBOLOS DE REBITES

Diâmetro do rebite (mm)		(8)	10	12	(14)	16	(18)	20	22	24	27	30	(33)	36	
Diâmetro do furo (mm)		8,4	11	13	15	17	19	21	23	25	28	31	34	37	
SÍMBOLOS CONVENCIONAIS	Cabeças redondas de ambos os lados														
	Cabeças chatas	Cabeça superior embutida													
		Cabeça inferior embutida													
		Ambas as cabeças embutidas													
	Rebitar na montagem														
	Furar na montagem														

Até à escala 1:5 os símbolos convencionais serão representados com diâmetros iguais aos furos, para escalas menores usar-se-ão diâmetros iguais as cabeças dos rebites.

Evitar os valores entre parênteses.



- **Vantagens da União Rebitada**

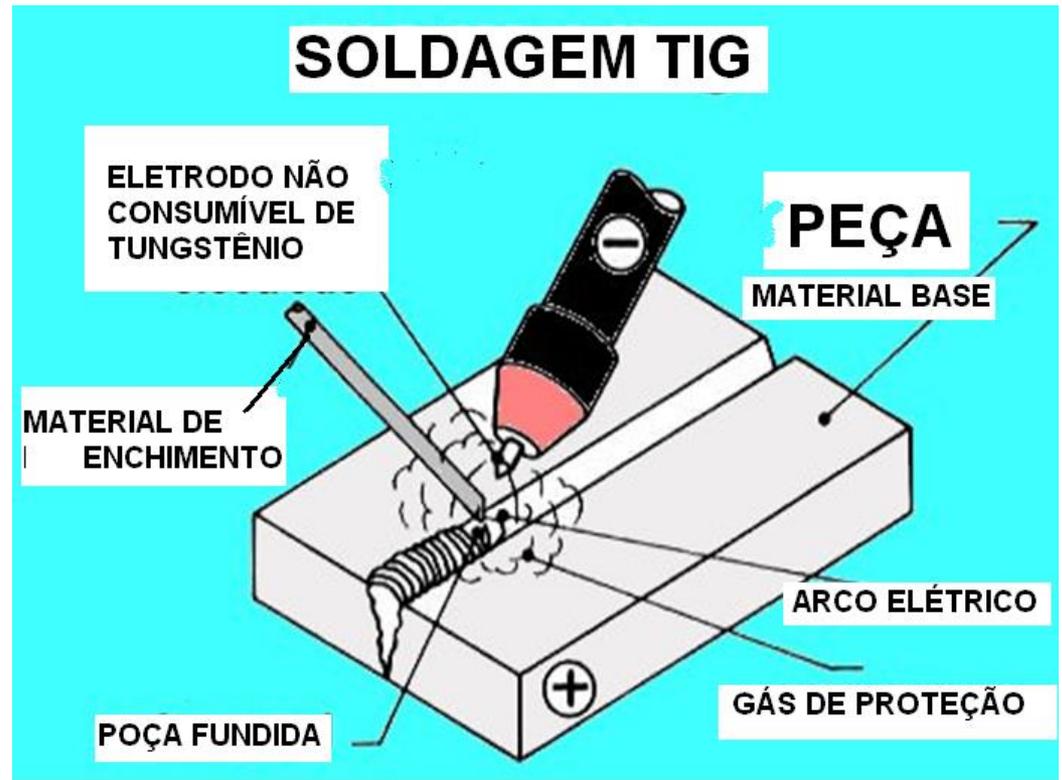
- Não necessita de mão-de-obra especializada para a sua execução;
- Impõe uma descontinuidade estrutural, evitando a propagação de defeitos (principalmente trincas) entre os componentes da união.

- **Desvantagens da União Rebitada**

- Introdução de pontos de concentração de tensões nos componentes da união, devido à presença dos furos;
- Peso da estrutura mais elevado, devido a sobreposição das peças componentes da união;
- Eventual ponto de desgaste ou corrosão.

4. Soldagem

- O processo de união por soldagem envolve a fusão de um material de enchimento e/ou do material base, obtendo-se, a partir da solidificação dos materiais fundidos, uma peça contínua, através da união de duas partes distintas.
- Atualmente é o processo de união mais empregado na fabricação de componentes estruturais.



Estruturas Soldadas



Tipos de Soldagem

Os processos de soldagem podem ser classificados em três tipos, os quais são:

- **Fusão do Material de Enchimento**
- **Fusão do Material Base e do Material de Enchimento**
- **Fusão do Material Base**

- **Fusão do Material de Enchimento:**

neste processo, o material de enchimento apresenta um ponto de fusão inferior ao metal base, e este é posicionado entre as peças a serem unidas. A junta é aquecida, havendo a fusão do material de enchimento, que por capilaridade escoava entre as peças a serem unidas.

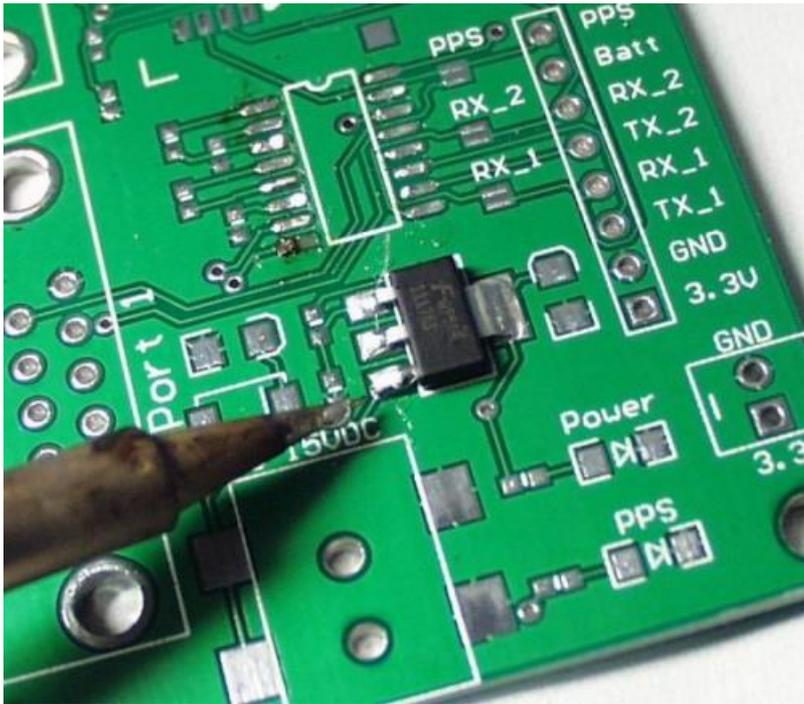
Uma vez cessada a fonte de calor, há a solidificação do material de enchimento, havendo a união entre as peças.

Exemplo: brasagem (brazing) e solda fraca (soldering)

O material de enchimento é usualmente uma liga a base de estanho ou prata.

Soldagem por fusão do material de enchimento

Soldagem(Soldering) com ferro de solda



< 300° C

Brasagem (Solda Prata)



> 400° C

- **Fusão do Material Base e do Material de Enchimento:**

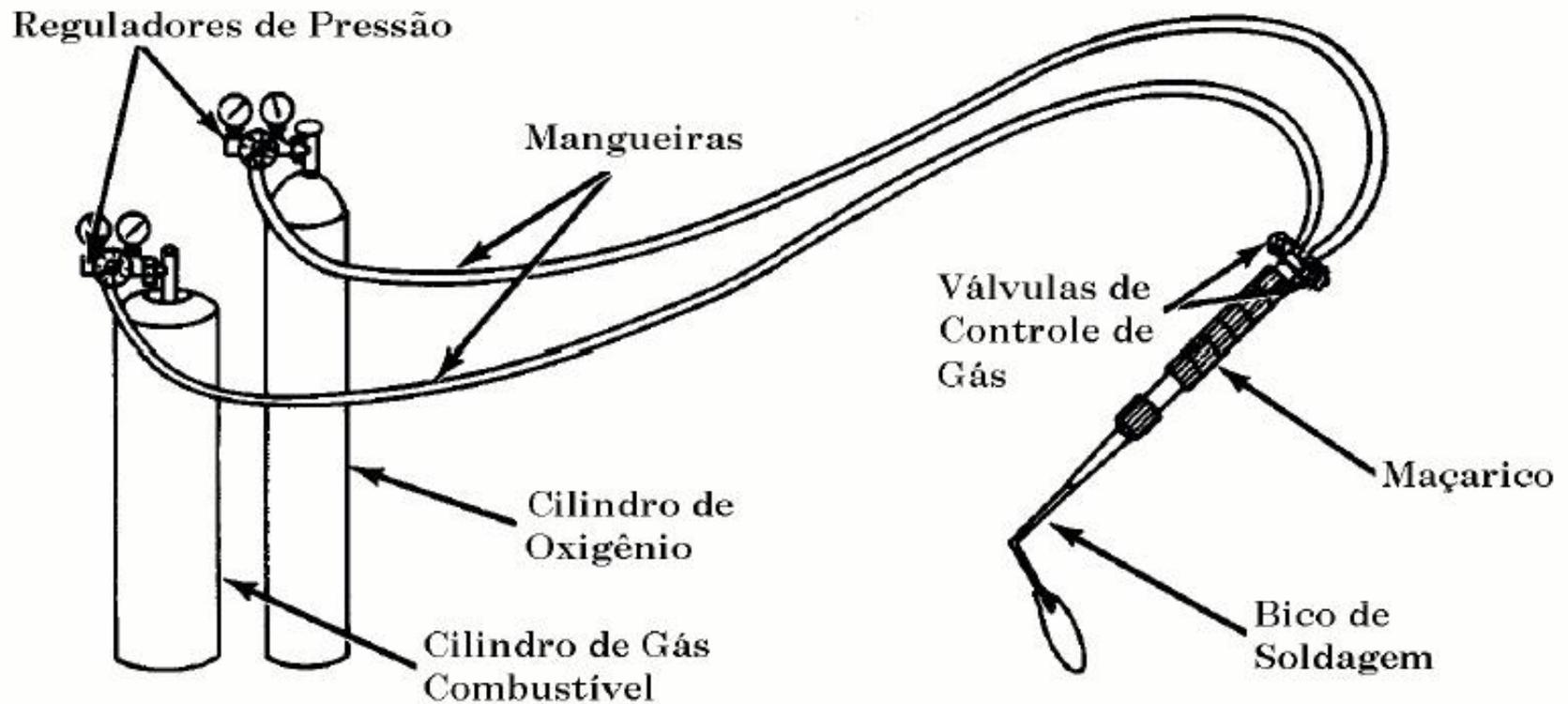
neste processo de soldagem ocorre a fusão do material de enchimento e do material das peças que compõem a união, denominado de material base.

Com a utilização de uma fonte de calor, funde-se o material de enchimento e o material base, formando uma poça de material liquefeito. Cessando a fonte de calor há a solidificação deste material, havendo a formação de uma peça contínua, ou seja, há uma completa união entre as partes que compõem a junção. Dentre estes processos podem ser citados:

- *Soldagem a gás (oxi-acetileno)*
- *Soldagem a arco-elétrico*

➤ **Soldagem a gás (oxi-acetileno):** utiliza o calor gerado por uma chama como fonte para fusão dos materiais

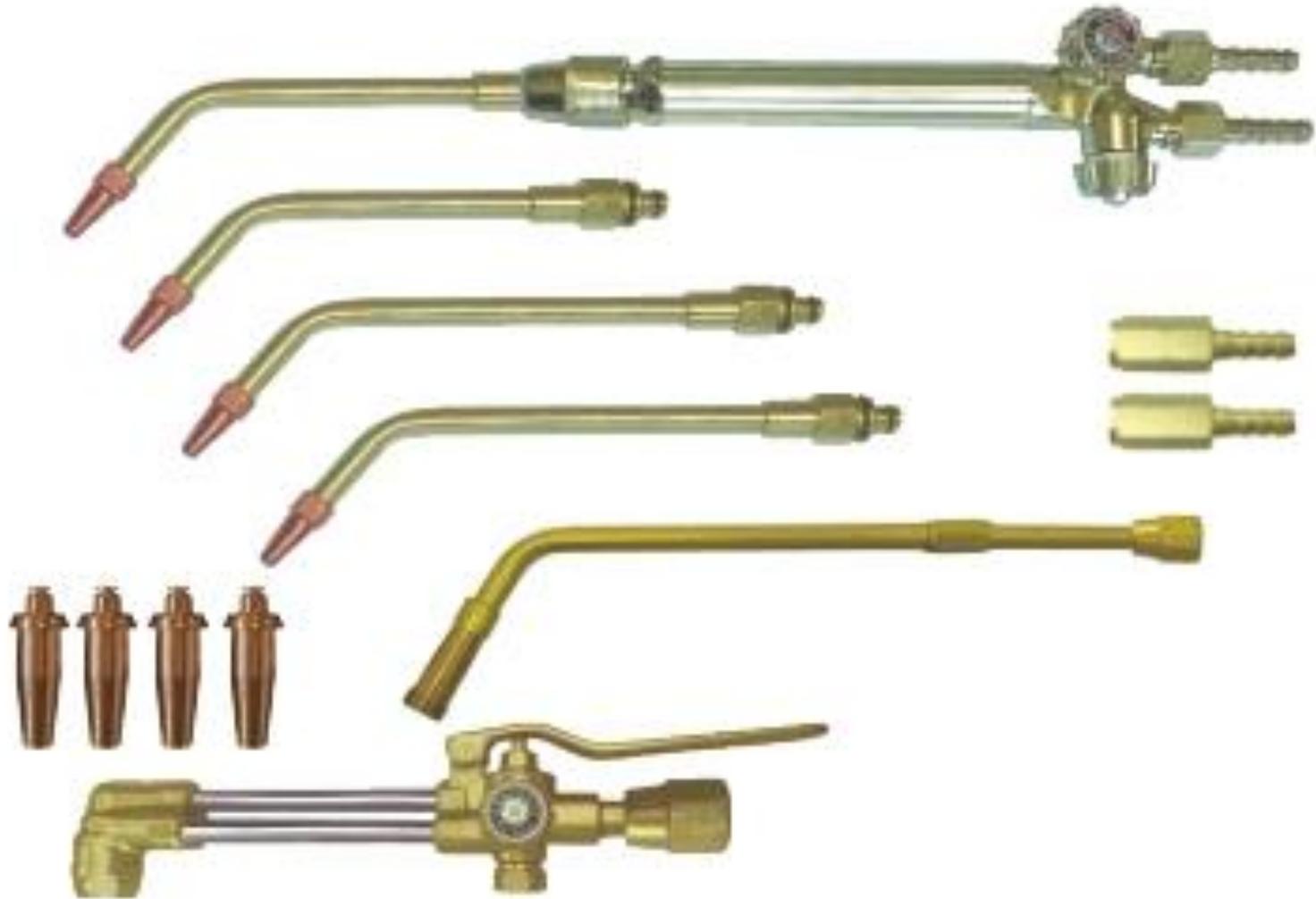
Equipamento de soldagem a gás (oxi-acetileno)



Cf. UFMG

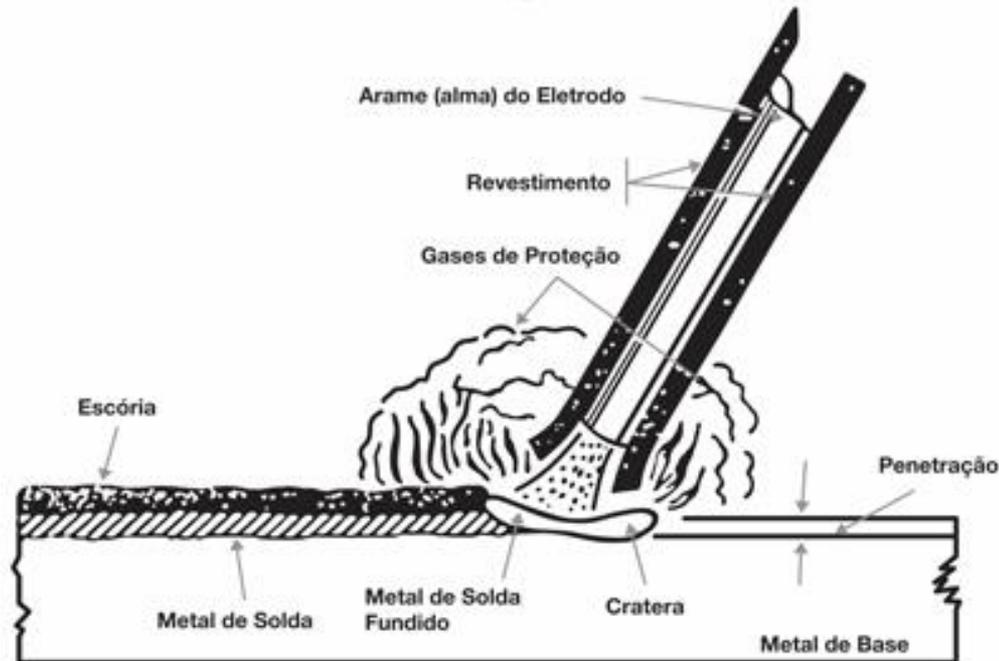


Maçaricos de soldagem a gás (oxi-acetileno)



➤ ***Soldagem a arco-elétrico:***

Utiliza o calor gerado por uma arco elétrico, formado entre um eletrodo e as peças a serem unidas. Tipos:

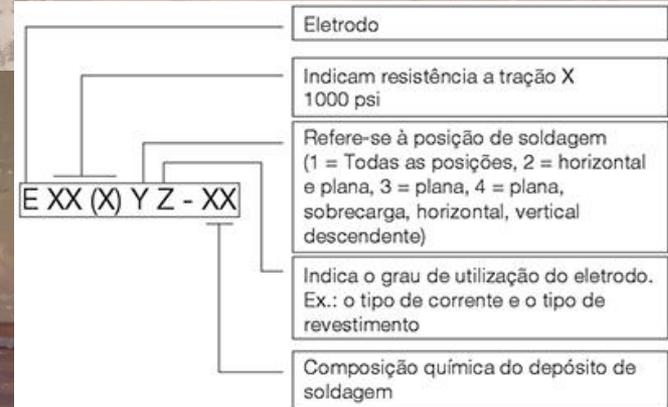


- ✓ ***Soldagem Manual com Eletrodo Revestido***
- ✓ ***Soldagem MIG (Metal Inert Gas)***
- ✓ ***Soldagem TIG (Tungsten Inert Gas)***

✓ Soldagem Manual com Eletrodo Revestido (SMAW e MMA)

Shielded Metal Arc Welding
Manual Metal Arc

Eletrodos



Operador adiciona manualmente o material de enchimento em forma de varetas revestidas com um material especial que quando exposto às altas temperaturas do arco gera escória ou gás que protege a poça de fusão

<https://www.youtube.com/watch?v=x8KSMpqIldo>

✓ Soldagem Manual com Eletrodo Revestido (SMAW e MMA)

VANTAGENS

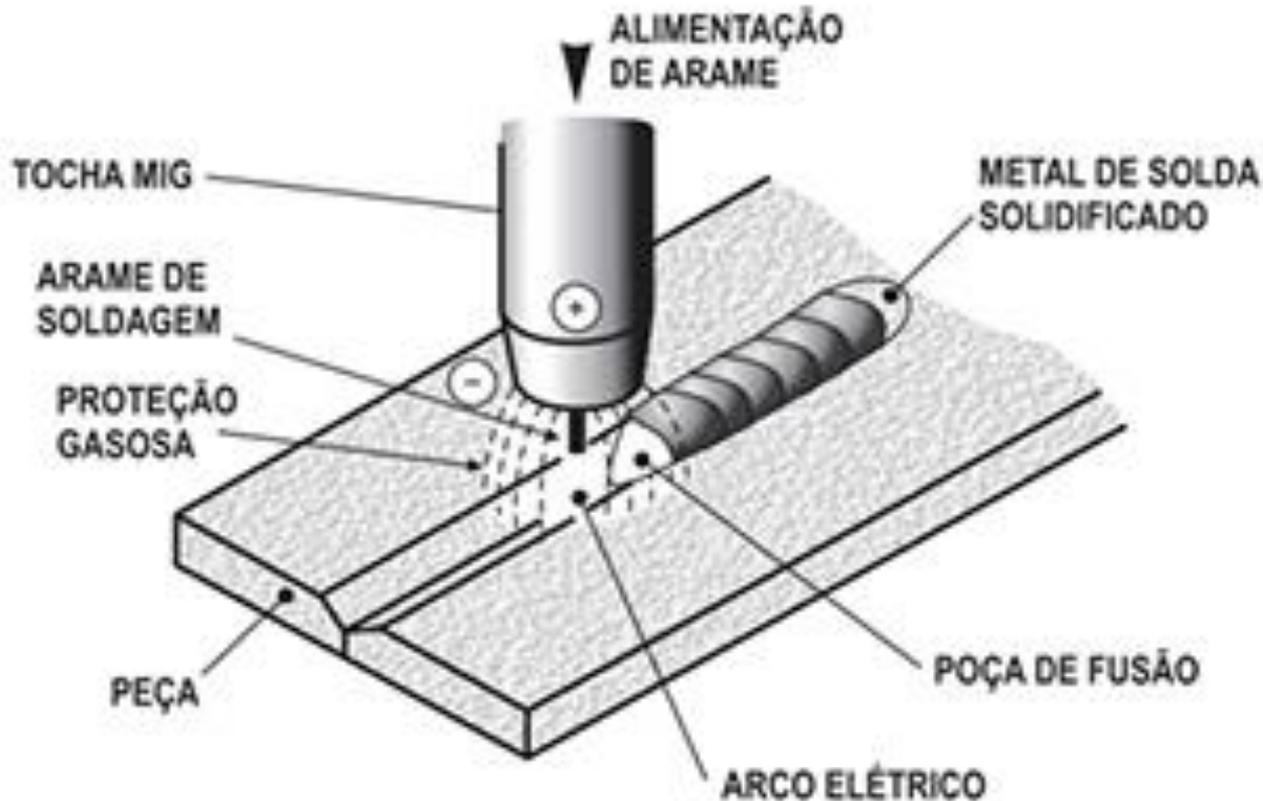
- Processo de Soldagem de baixo investimento;
- Não há necessidade suprimento de gases;
- Flexibilidade de aplicação;
- Grande variedade de consumíveis;
- Equipamentos podem ser usados também para outros processos.

DESVANTAGENS

- Baixa produtividade;
- Necessidade de cuidados especiais com os eletrodos;
- Volume de gases e fumos gerados no processo.

✓ Soldagem MIG (Metal Inert Gas)

GMAW (Gas Metal Arc Welding)



Gás Inerte
-Argônio
-Hélio

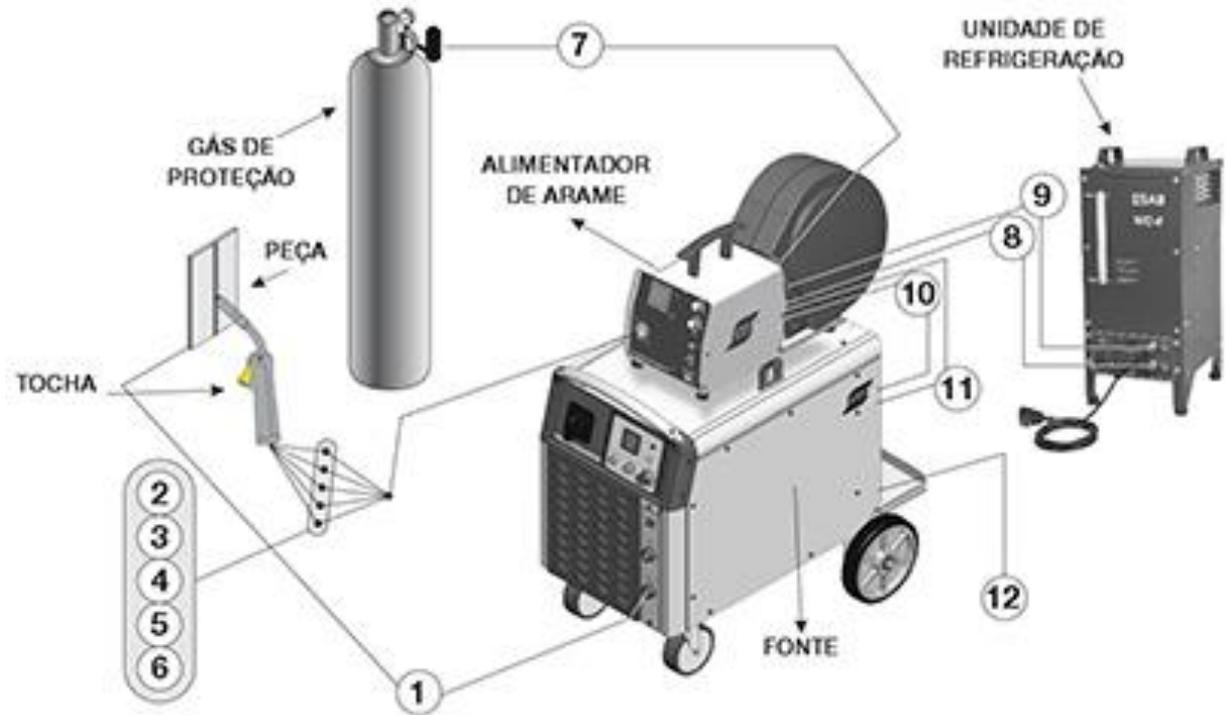
Soldagem MAG (Metal Active Gas) ?

Gás Ativo - CO₂

Soldagem MIG – “Metal Inert Gas”

Equipamento de Solda MIG

- 1 - CABO DE SOLDA (NEGATIVO)
- 2 - REFRIGERAÇÃO DA TOCHA (ENTRADA ÁGUA)
- 3 - GÁS DE PROTEÇÃO
- 4 - GATILHO DA TOCHA
- 5 - REFRIGERAÇÃO DA TOCHA (RETORNO ÁGUA)
- 6 - CONDUÍTE DO ARAME
- 7 - GÁS DE PROTEÇÃO VINDO DO CILINDRO
- 8 - SAÍDA DE ÁGUA DE REFRIGERAÇÃO
- 9 - ENTRADA DE ÁGUA DE REFRIGERAÇÃO
- 10 - CABO DE COMANDO (ALIMENTADOR/FONTE)
- 11 - CABO DE SOLDA (POSITIVO)
- 12 - CONEXÃO PARA A FONTE PRIMÁRIA (220/380/440 VCa)



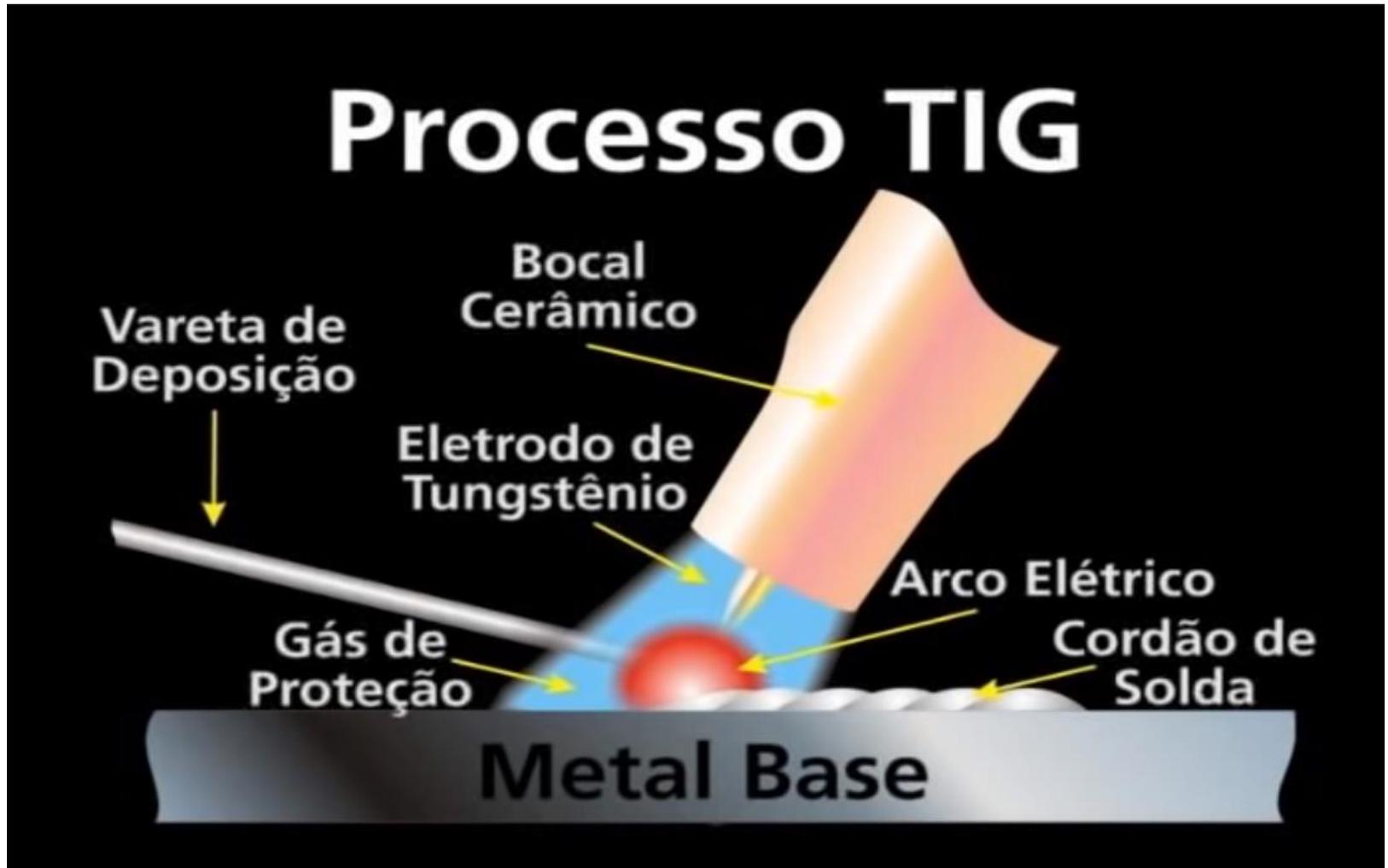
SOLDAGEM MIG



<https://www.youtube.com/watch?v=jG211otCuhs>

https://www.youtube.com/watch?v=7MLVnd0b_CU

✓ Soldagem TIG (Tungsten Inert Gas)

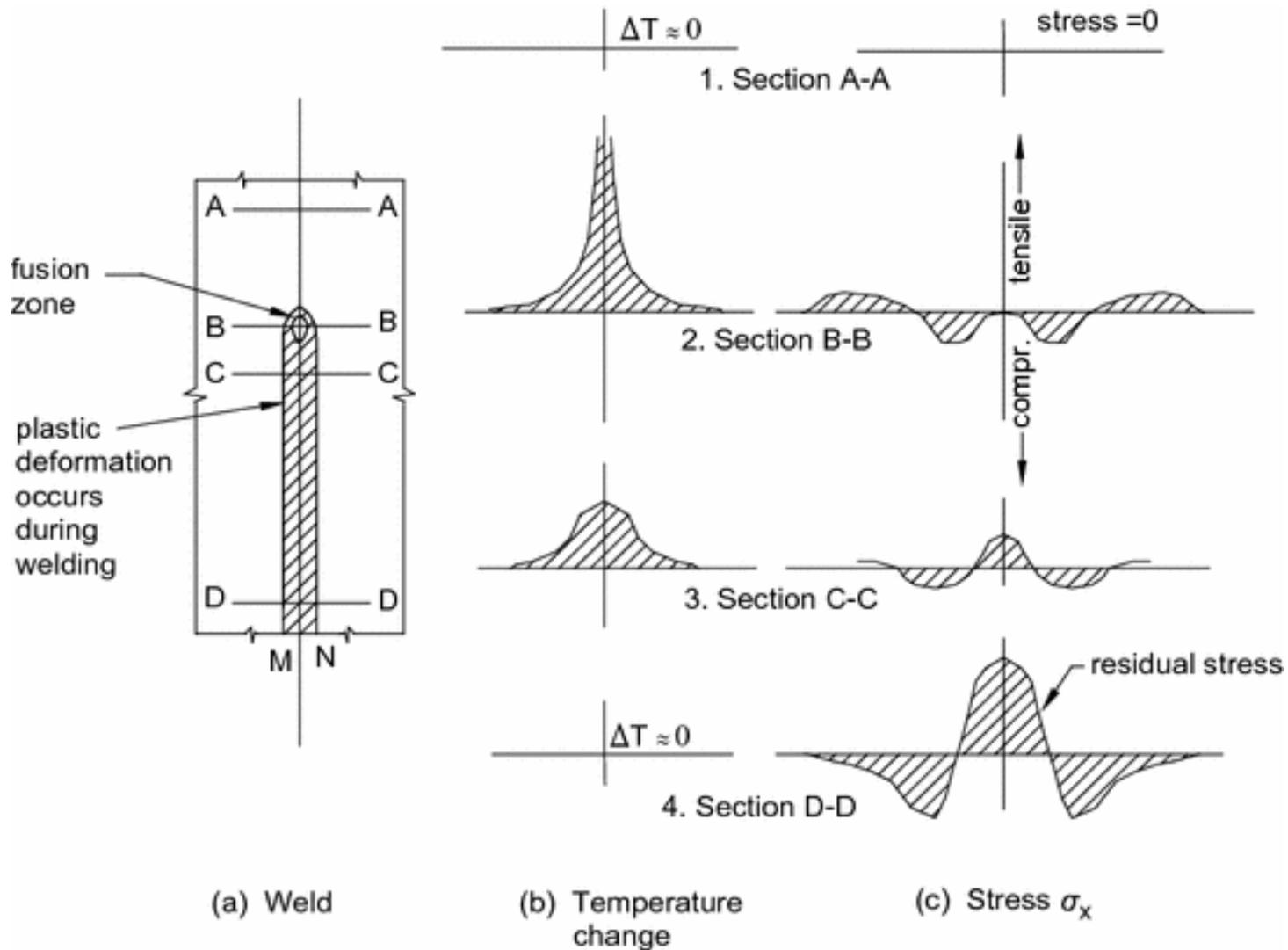


SOLDAGEM TIG



<https://www.youtube.com/watch?v=bYlmgpLmkMA>

Tensão Residual na Soldagem a Arco Elétrico



Soldagem por Fusão de Materiais Diferentes (Dissimilares)

A formação de fases intermetálicas na soldagem por fusão convencional de materiais diferentes (dissimilares) é uma preocupação pois isto pode prejudicar a integridade da união

The formation of intermetallic phases during dissimilar welding using conventional fusion welding is an issue because it can impair the joint integrity severely depending on the thickness.

What is a definition of dissimilar metal welding?

This is a process which involves the joining together of two metals that possess different chemical or mechanical properties, and so aren't necessarily a natural fit for each other. The reason the term can sometimes be slightly confusing is because it doesn't only involve two completely different metals, such as aluminium and steel.

In fact, two metals with the same name can be welded together, but if they have different core properties, they are classed as dissimilar metals. For example, you can weld two austenitic steel metals together, but they may still be different enough to be considered dissimilar.

Soldagem por Fusão de Materiais Diferentes (Dissimilares)

Que fatores devem ser considerados?

These are the factors that you must consider when performing the dissimilar metal welding process, and will affect your decision as to how easily two dissimilar metals can be joined.

- **Solubility** – This refers to a metal's ability to dissolve in a solvent. Both metals must be able to dissolve together
- **Intermetallic compounds** – These will be formed in the transition zone during the welding process, and exhibit metallic bonding
- **Weldability** – Based on the solubility and intermetallic compounds of two metals, you can work out the level of weldability between the two
- **Thermal expansion** – How much the shape of your metals will change when a temperature is applied
- **Melting rates** – The point at which your metals will melt
- **Corrosion** – If two metals are extremely different on the electrochemical scale, then corrosion could occur
- **End-service conditions** – What are the conditions that your dissimilar metals will be operating within?

It's incredibly important to consider each of these factors before you begin any process to ensure you get the weld correct.

➤ **Fusão do Material Base:**

Neste processo de soldagem não se emprega um material de enchimento, sendo que apenas o material que compõe as partes a serem unidas forma a junta soldada.

Como fonte de calor emprega-se uma fonte de energia concentrada, como feixe de elétrons ou raio laser, que causa a fusão do material das partes a serem unidas, formando uma poça de material liquefeito. Cessando a fonte de energia, há a solidificação do material liquefeito, gerando a união entre as peças.

Soldagem a Laser



<https://www.youtube.com/watch?v=q6He9H8yxUY>

Exemplos de “Cordões” de Solda

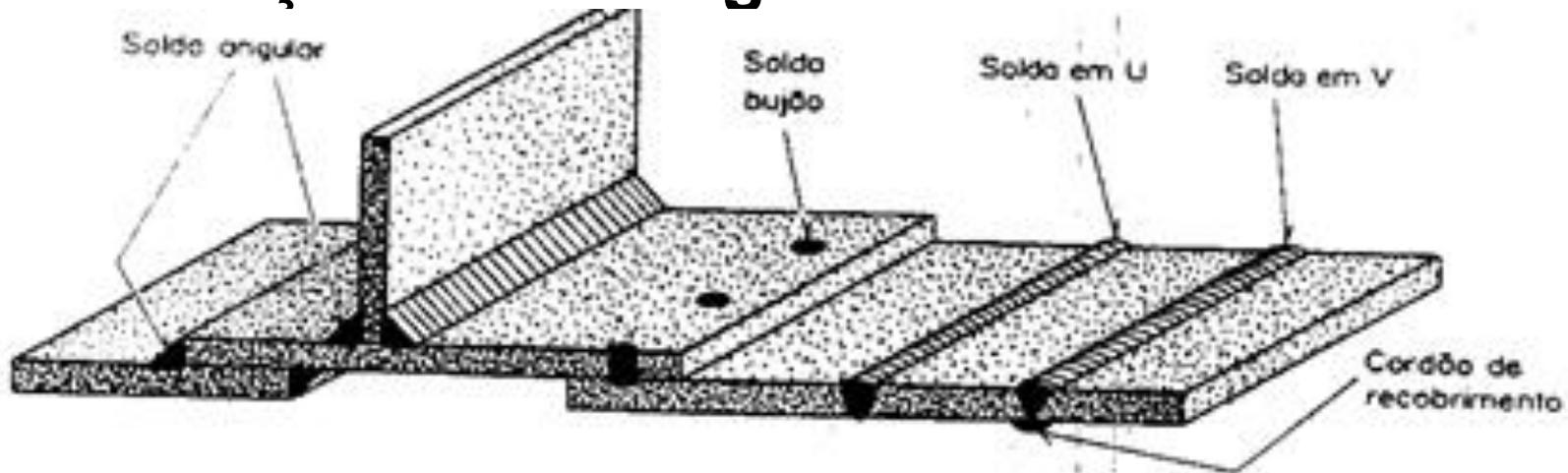
RUIM

BOM

- Problemas:
 - Trincas
 - Cavidades - Poros
 - Impurezas
 - Fusão Incompleta



Representação da Soldagem em Desenho Técnico



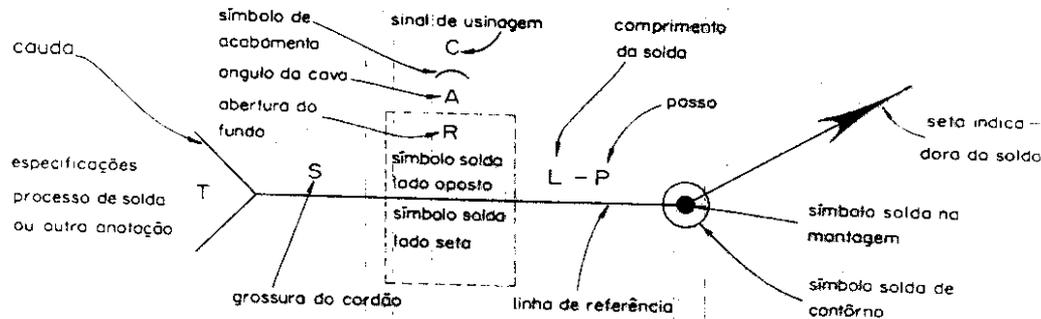
INDICAÇÃO E SÍMBOLOS

TIPOS DE SOLDA							
Recortes de chapas					bujão e ranhura	Cordões	
reto	V	bisel	U	J		recobrimento	filête ou angular
	∇	∇	∪	∩	∩	—	∇

Acabamento do cordão		Solda em todo o contorno	Solda de campo ou de montagem
raso	convexo		
—	⤿	○	●

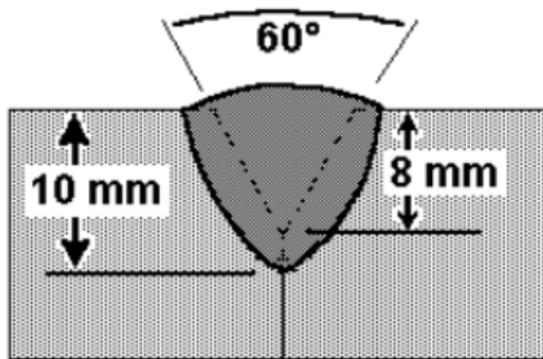
Soldar varanda a junto	Revestimento ou enchimento

Representação da Soldagem em Desenho Técnico

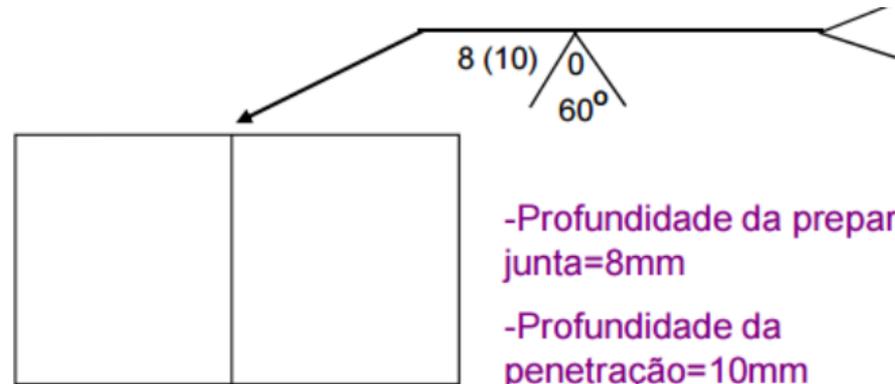


Esquema da Solda	Simbologia no Desenho

Simbologia



Solda desejada



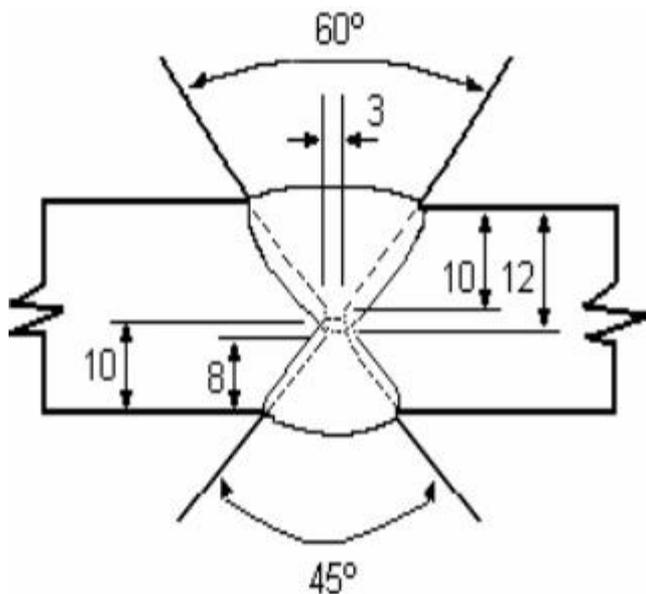
Símbolo

-Profundidade da preparação da junta=8mm

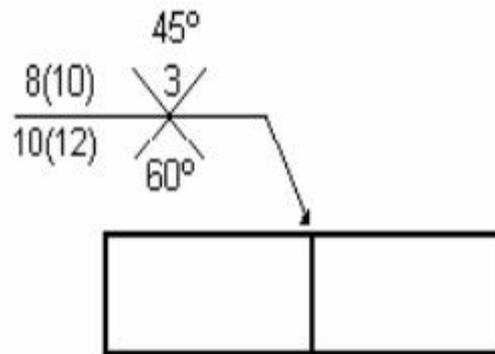
-Profundidade da penetração=10mm

-Abertura da raiz=0

-Ângulo da junta=60°



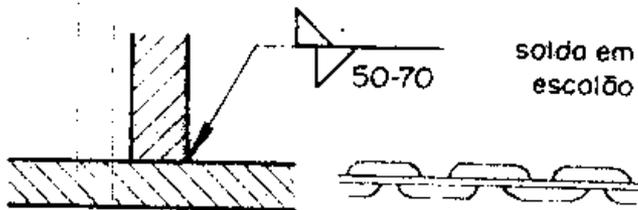
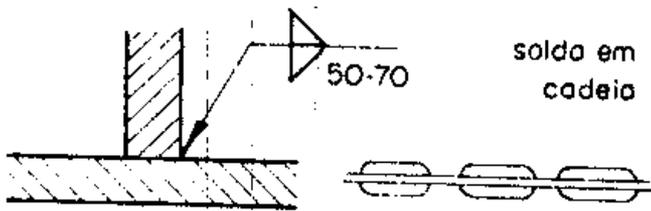
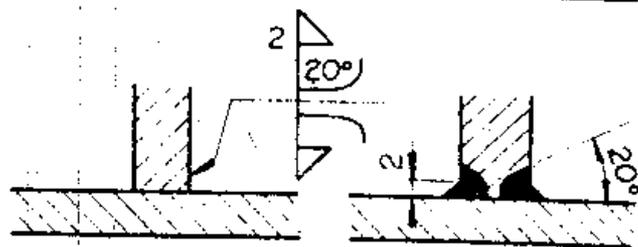
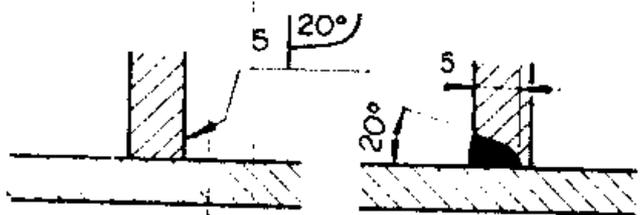
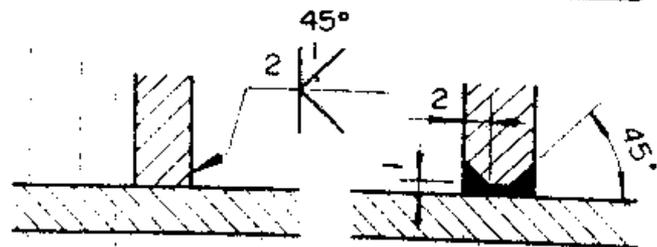
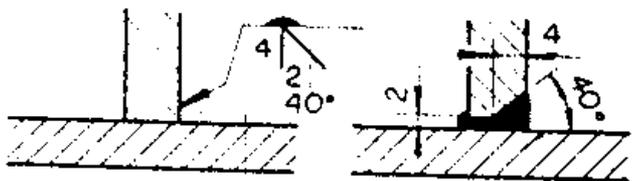
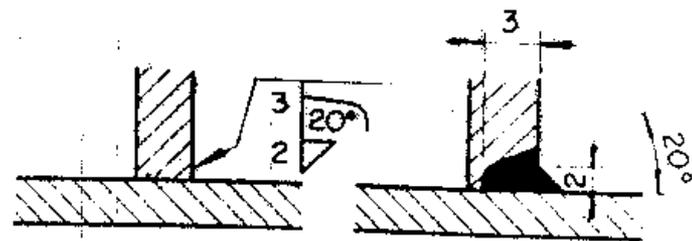
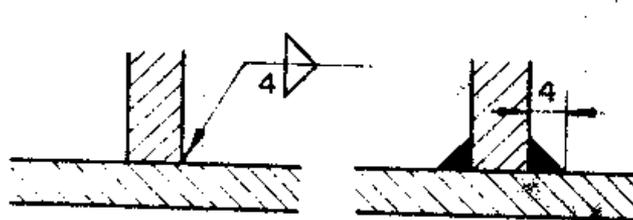
Solda desejada



Símbolo

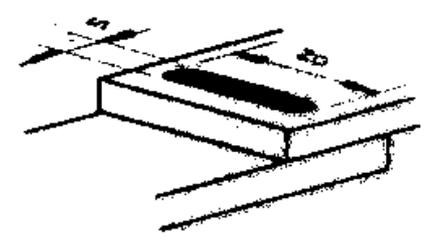
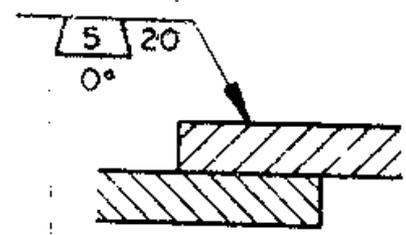
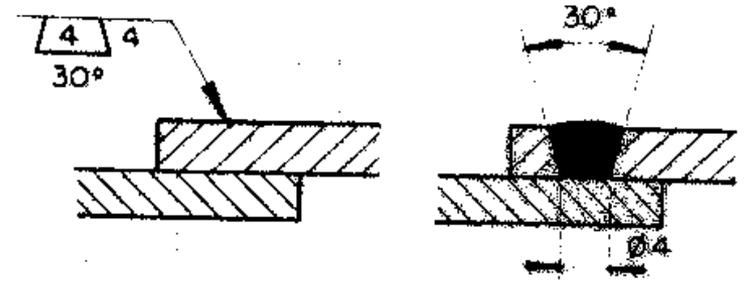
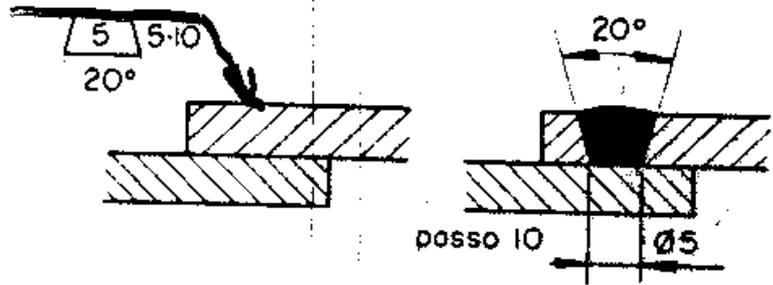
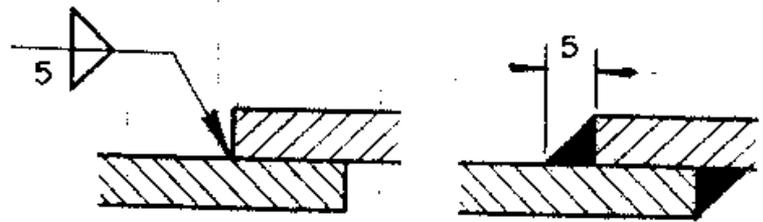
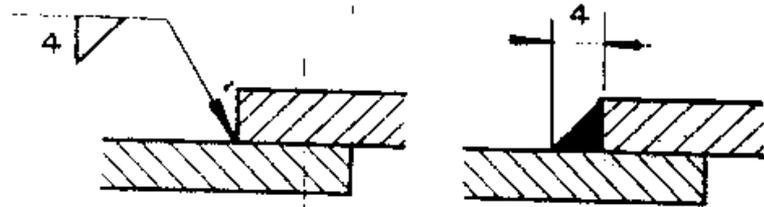
SOLDAS

JUNTA EM T



SOLDAS

JUNTA SUPERPOSTA



Vantagens e Desvantagens do Processo de Soldagem

- **Vantagens do processo de Soldagem:**
 - Redução do peso da estrutura;
 - redução do tempo dispendido na fabricação da estrutura;
 - praticamente não há limitação da espessura das peças a serem unidas por soldagem;
 - facilidade de obtenção de estanqueidade;
 - eficiência mecânica da junta soldada é superior ao da união rebitada.

- **Desvantagens do Processo de Soldagem:**

- maior sensibilidade do processo com relação aos materiais empregados na união;
- necessita de controle de qualidade bastante rigoroso, envolvendo inspeções antes, durante e após o processo de soldagem,
- necessidade de mão-de-obra especializada;
- devido ao aquecimento não uniforme ao longo do cordão de solda e das próprias peças a serem unidas, o processo de soldagem introduz tensões térmicas e distorções, as quais podem afetar o desempenho mecânico da união.

7. REFERÊNCIAS

Niemann, G., **Elementos de Máquinas**, vol1, Edgard Blücher Ltda, 1971.

Manfé, G. et al, “Desenho Técnico Mecânico”, Ed. Hemus, 3 vols, 1996.

Dean Deng , Hidekazu Murakawa, Prediction of welding distortion and residual stress in a thin plate butt-welded joint, Computational Materials Science 43 (2008) 353–365

Senai, “Telecurso 2000 – Mecânica, Ed. Globo, 2002.

<http://www.infosolda.com.br/index.htm>

Normas de Solda – ISO e AWS (ex: A 2.4-2007)

NBR 5874