

1 – Considerações gerais

- **Objetivos:**

- Permitir a execução de uma soldadura sem defeitos;
- Limitar o volume de metal depositado.

Uma preparação de junta inadequada ou mal preparada, implica o aparecimento de defeitos de soldadura ou execução de juntas pouco económicas.

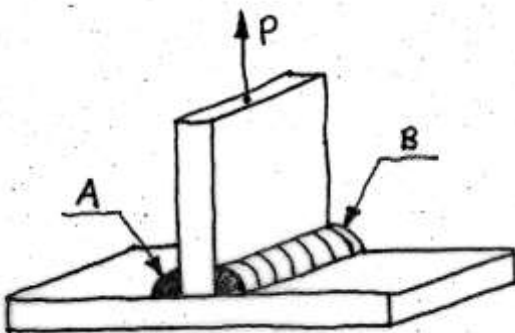
- **Factores que condicionam a escolha do tipo de junta:**

- Processo de soldadura (manual, semi-automática ou automático);
- Posição de soldadura, acessibilidade da junta (1 ou 2 lados), forma e dimensões da peça;
- Espessura da peça, nº de passes, tipo de ligação;
- Grau de penetração da soldadura pretendido;
- Minimização das deformações;
- Tipo de material base e de adição;
- Qualificação da mão de obra;
- Economia na preparação dos bordos e quantidade de metal depositado.

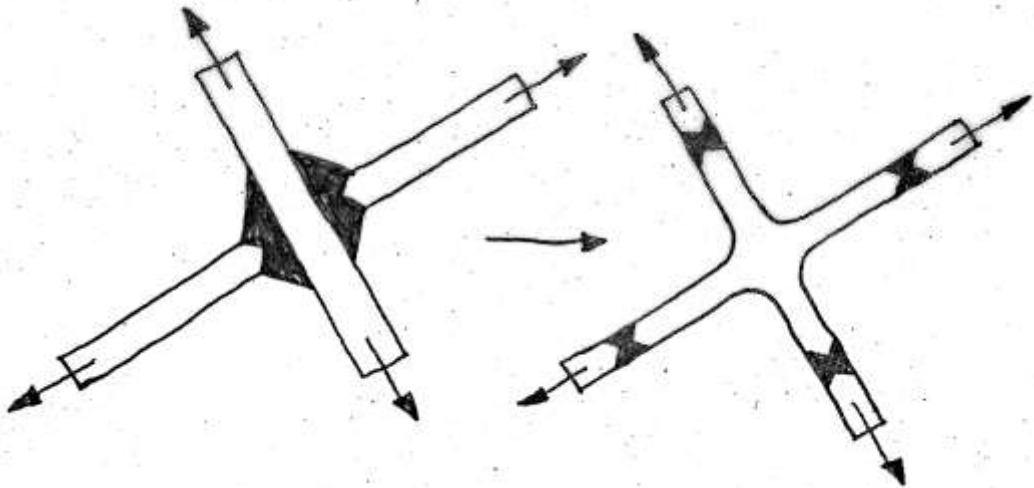
Uma construção soldada bem calculada é aquela que apresenta o menor número de partes a soldar e requer o mínimo de soldadura.

Algumas regras para projecto de uma construção soldada:

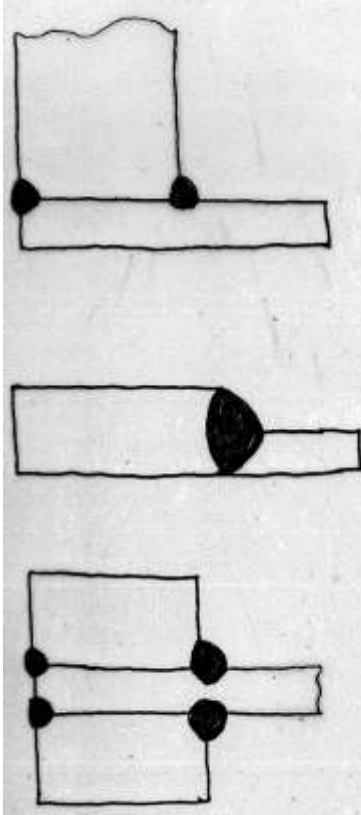
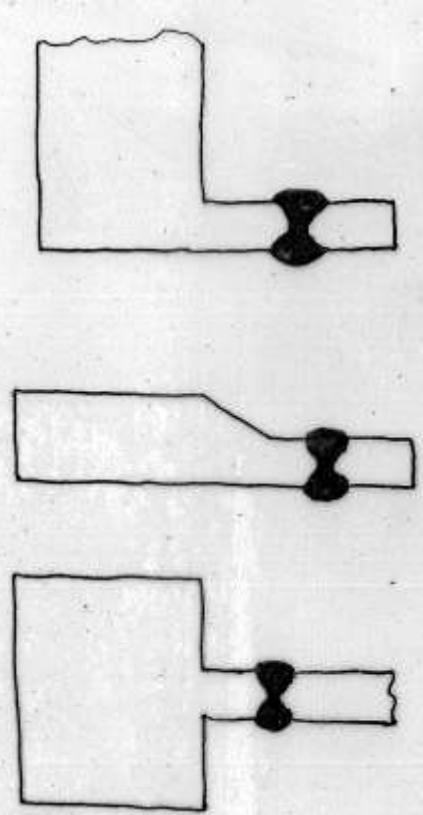
1 – Excesso de soldadura



o comprimento dos cordões A e B deve ser apenas o necessário para suportar a carga P.



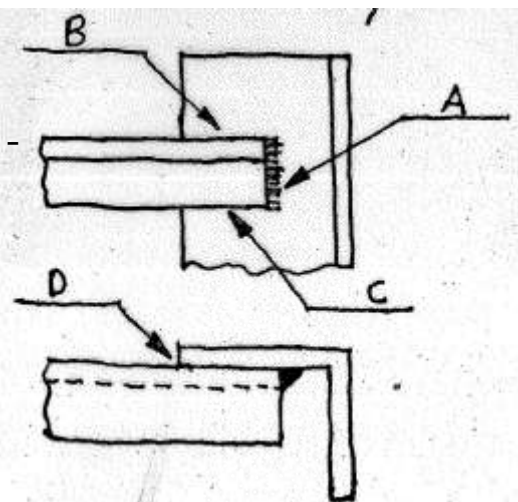
Por vezes a modificação da forma de determinadas juntas pode dar lugar à diminuição da quantidade de metal depositado.

Menos correcto:**Mais correcto:**

Conseguem-se cordões menores ligando peças com espessuras semelhantes.

2 – Acessibilidade dos cordões

- Todos os cordões devem ser acessíveis para facilitar a sua deposição, controle e eventual reparação.



O cordão A é pouco acessível, era preferível fazê-lo em B, C ou D

3 – Posição de soldadura

- Quatro posições fundamentais:

- Ao baixo**
- Horizontal**
- Vertical (ascendente ou descendente)**
- Ao tecto**

- A soldadura ao baixo é mais fácil de executar pelo que sempre que possível as juntas devem ser projectadas por forma a que as soldaduras sejam executadas ao baixo.

4 – Minimização de tensões

- As juntas devem ser projectadas de modo a reduzir ao mínimo as tensões devidas à contracção do cordão e à sua excentricidade.

Exemplos: excentricidade indesejável na junta

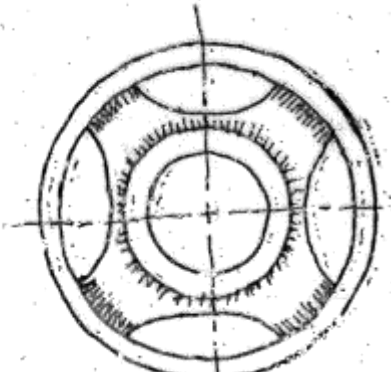
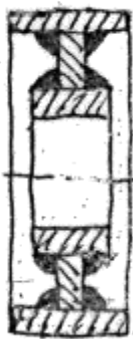
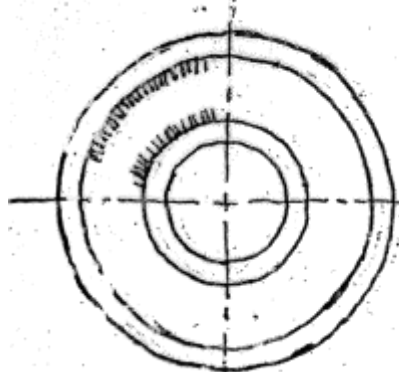
indesejável

razoável

boa



- Tensões residuais devidas à contracção no arrefecimento



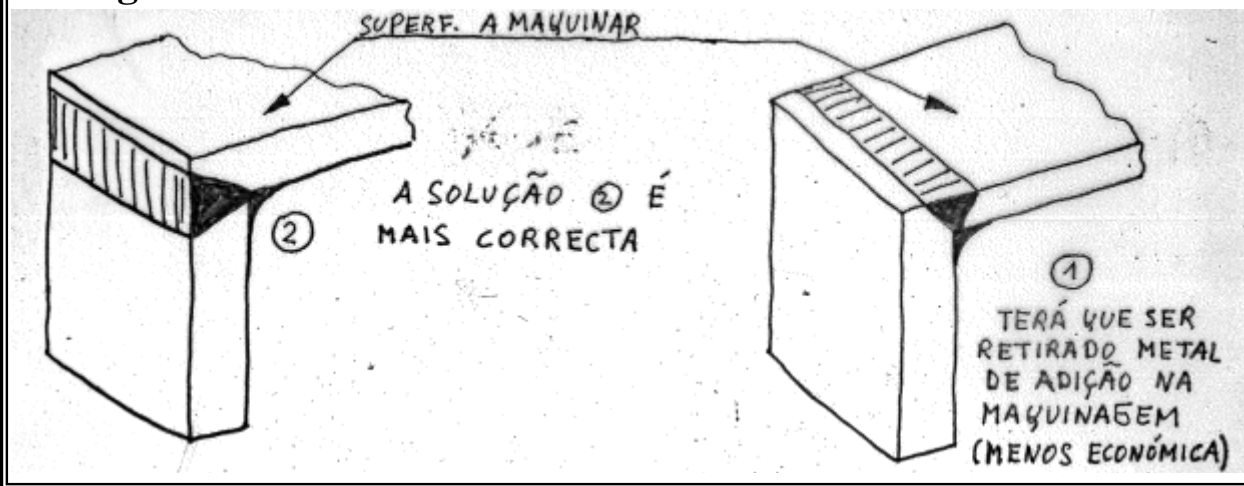
- As elevadas tensões residuais formadas são diminuídas quando se usam braços no disco central

5 – Tolerâncias de maquinagem (sobre espessuras)

É difícil indicar tolerâncias aconselháveis para uma construção soldada, a fim de facilitar posteriores operações de maquinagem, porque dependem de vários factores:

- **Tolerâncias de ligação:**
 - **Precisão na operação de corte e preparação das peças do conjunto;**
 - **Precisão de posicionamento das peças.**
- **Contracção do cordão:**
 - **Dimensão do cordão;**
 - **Metal de adição;**
 - **Tipo de cordão;**
 - **Distensões das tensões residuais do material base;**
 - **Deformação da peça soldada (estado de tensão).**

A experiência é a melhor guia na determinação das tolerâncias para a maquinagem, de “grosso modo” é normal tolerâncias de 6 a 12mm, dependendo do tamanho da estrutura e da grandeza da soldadura realizada.

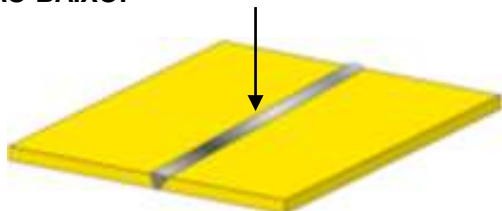


- Posições fundamentais de execução das soldaduras**

Chapas planas (designação segundo: ASME IX / ISO 6947):

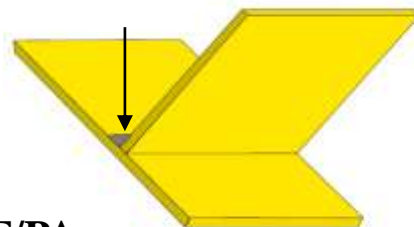
TOPO A TOPO:

AO BAIXO:



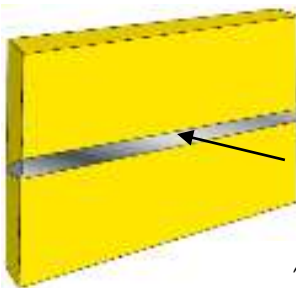
1G/PA

DE CANTO:

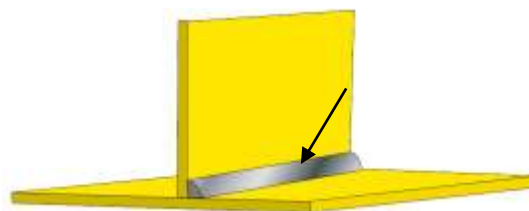


1F/PA

HORIZONTAL:

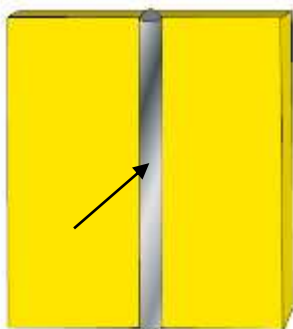


2G/PC



2F/PB

VERTICAL:

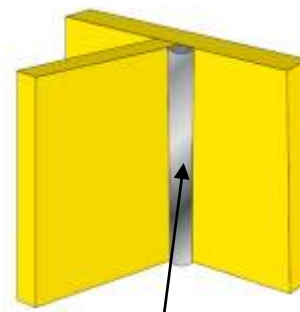


3G (asc. ou desc.)

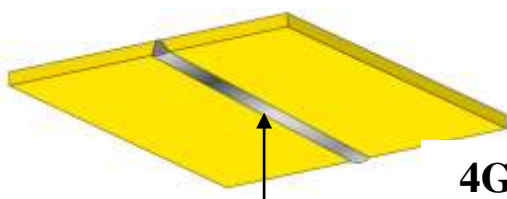
PF ↑ **PG** ↓

3F (asc. ou desc.)

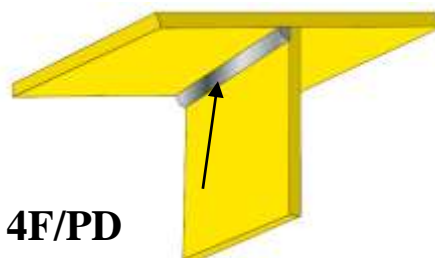
PF ↑ **PG** ↓



AO TETO:



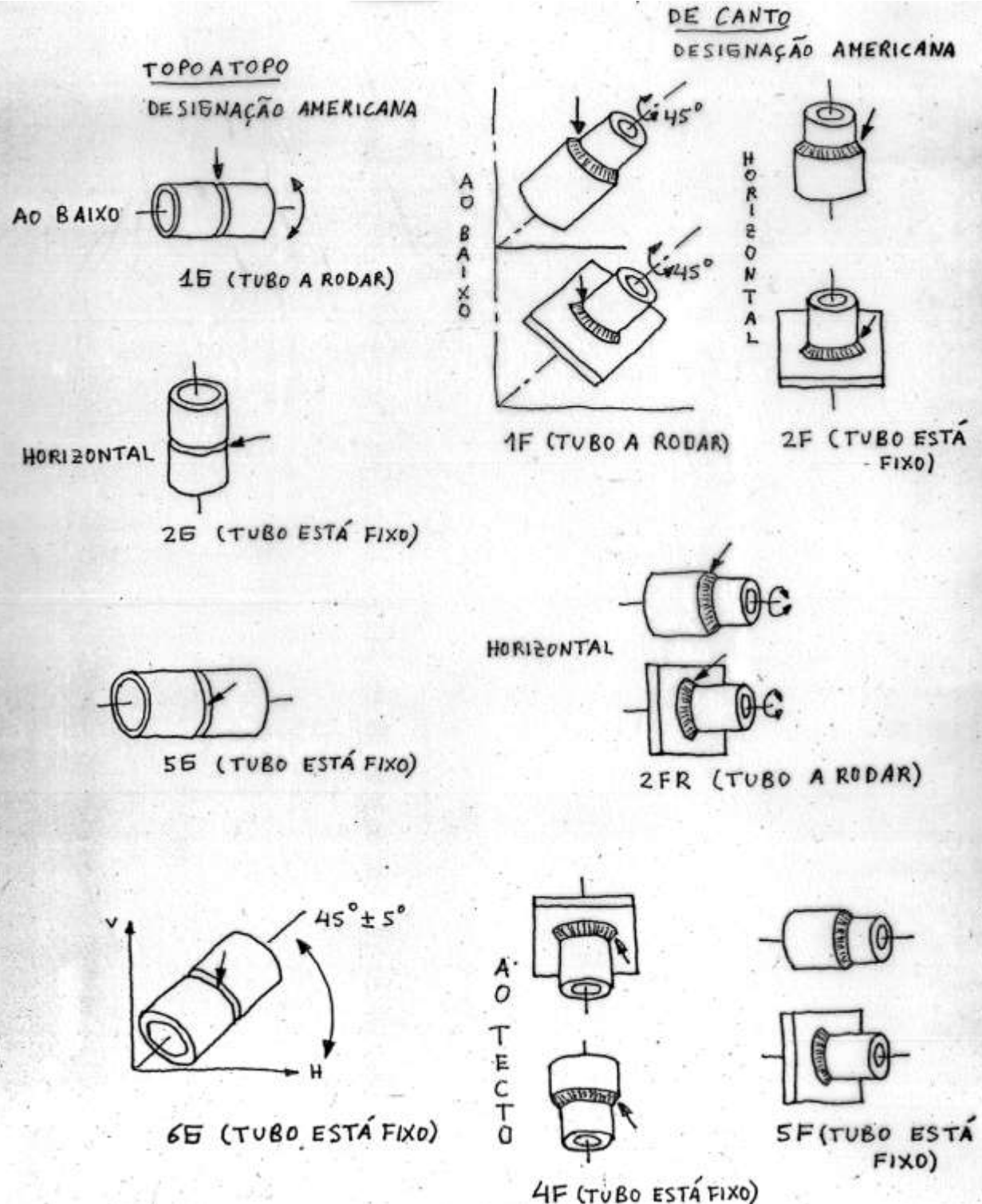
4G/PE



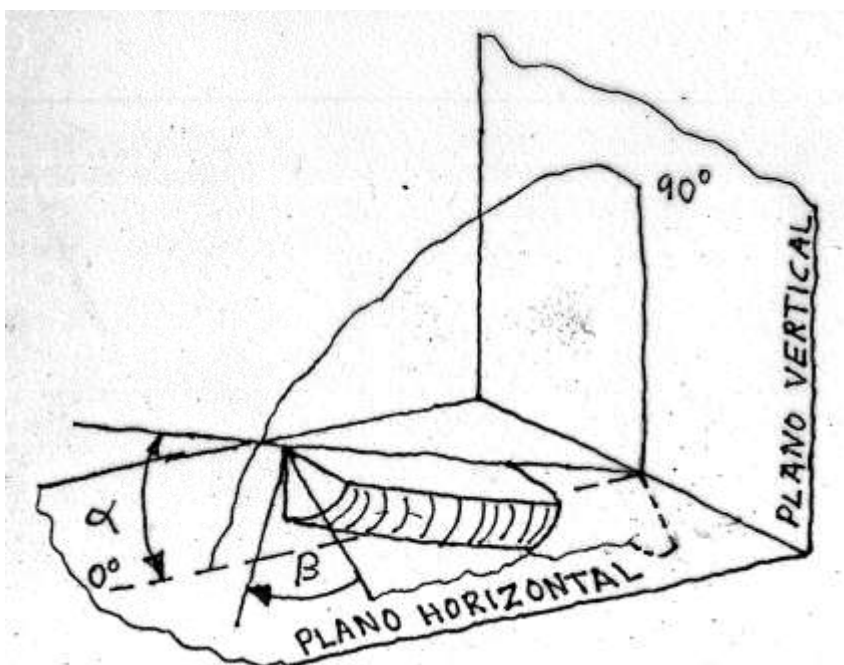
4F/PD

• **Posições fundamentais de execução das soldaduras**

TUBOS (segundo ASME IX):



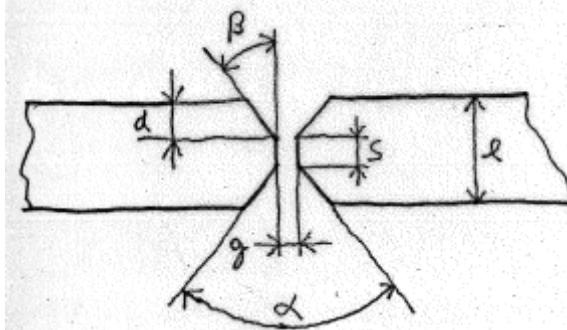
- As soldaduras que ocupem posições de execução diferentes das posições fundamentais, indicadas anteriormente, serão localizadas no espaço pelos ângulos de rotação e de inclinação (só para soldaduras rectilíneas), definidos da seguinte forma:
 - Ângulo de rotação (β) – é o menor ângulo formado pela parte superior de um plano vertical de referência que passa pela raiz do cordão de soldadura, com um semi-plano tendo por origem a linha da raiz do cordão e cortando a superfície do cordão de soldadura segundo uma linha equidistante dos bordos da junta (plano bissector). A rotação β mede-se no sentido dos ponteiros do relógio e varia de 0° a 180° .
 - Ângulo de inclinação (α) – compreendido entre 0° a 90° , é o ângulo formado pela linha da raiz do cordão com um plano horizontal de referência.



- **Terminologia usada na preparação de chanfros:**
 1. **JUNTA** – espaço a preencher de metal de adição entre dois elementos cujos bordos foram convenientemente preparados para o efeito;
 2. **PERFIL da JUNTA** – perfil de uma secção recta da junta;
 3. **PREPARAÇÃO de BORDOS** – operação que consiste em dar aos bordos uma forma correspondente ao perfil da junta;
 4. **PREPARAÇÃO da JUNTA** – operação que consiste em preparar os bordos e em dispô-los segundo o perfil a dar à junta;
 5. **“RETOMA”** – ou passe de confirmação; é o passe realizado na raiz do cordão, lado oposto à junta que se encheu previamente de metal de adição, com o objectivo de eliminar a falta de penetração;
 6. **RAIZ (da soldadura)** – região da preparação mais afastada do soldador;
 7. **PREPARAÇÃO de BORDOS RECTOS** – uma das faces a soldar faz um ângulo de 90° com as superfícies do elemento (sem chanfros);
 8. **PREPARAÇÃO de SIMPLES ABERTURA** – as faces a soldar abrem-se de um só lado;

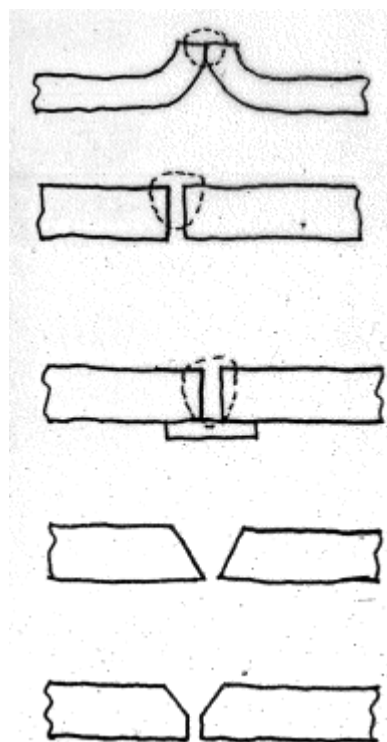
9. **PREPARAÇÃO de DUPLA ABERTURA** – as faces a soldar abrem-se dos dois lados;
10. **PREPARAÇÃO SIMÉTRICA** – o perfil da junta e do metal base adjacente tem um eixo de simetria comum;
11. **PREPARAÇÃO ASSIMÉTRICA** – não existe um eixo de simetria;
12. **TERMINOLOGIA GEOMÉTRICA:**

- α - ângulo de abertura;
- β - ângulo de chanfragem;
- g - afastamento;
- s - talão;
- d - profundidade;

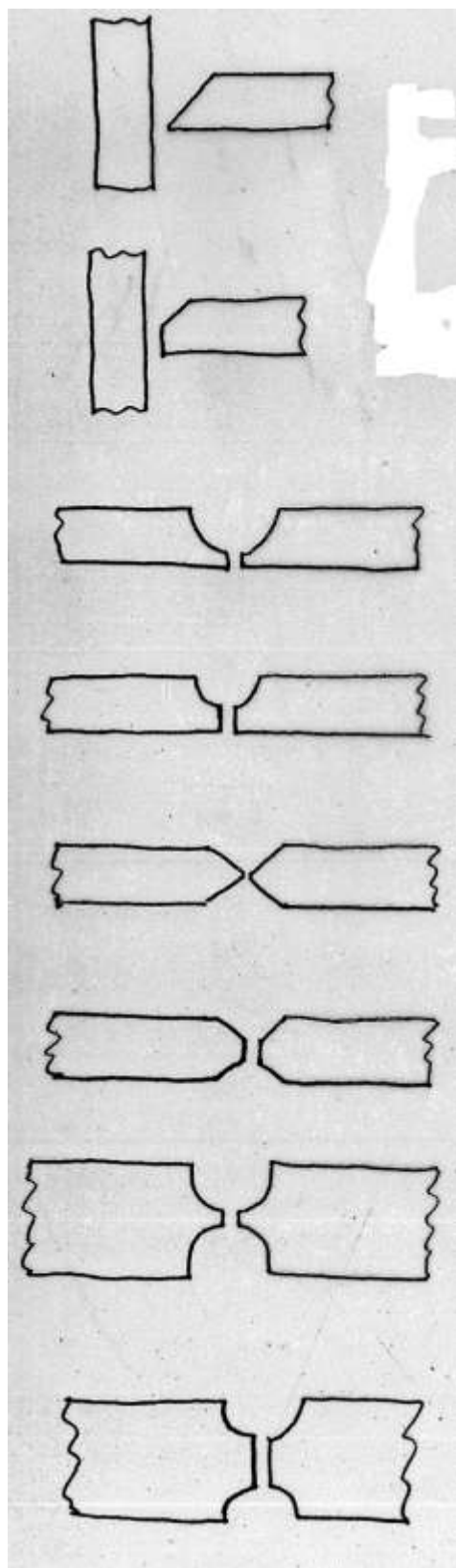


13. TIPOS de PREPARAÇÃO de JUNTAS:

- **Bordos levantados**
- **Bordos rectos**
- **Bordos rectos com cobrejunta**
- **Preparação em V**
- **Preparação em Y**



- **Preparação em meio V**
- **Preparação em meio V parcial**
- **Preparação em U (ou tulipa)**
- **Preparação em U parcial**
- **Preparação em X**
- **Preparação em X parcial**
- **Preparação em duplo U**
- **Preparação em duplo U parcial**
- **..... Etc**



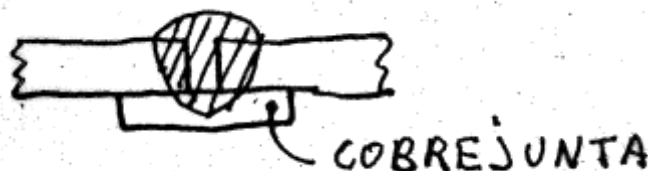
- **Escolha do tipo de chanfro a usar na preparação de juntas soldadas**
- Uma operação de soldadura envolve a preparação dos bordos dos componentes, essa preparação pode eventualmente exigir a remoção de material o qual irá ser substituído por metal depositado (de custo elevado).
- Só um conhecimento por parte do projectista dos meios à disposição para o fabrico do componente e das limitações e particularidades de um processo de soldadura, permitirá a escolha da preparação mais adequada para uma dada aplicação.

Factores que condicionam a escolha de uma dada preparação:

1. **Distribuição de calor e controle de penetração:**
 - O objectivo de uma dada preparação é fazer o melhor uso possível da energia térmica específica e da força de penetração de um dado processo.
 - Exemplo: suponhamos uma preparação de bordos rectos, a espessura máxima que se poderá soldar depende da profundidade de penetração própria do processo de soldadura escolhido ou existente.

- No entanto, na prática pode não ser possível usar a penetração máxima que se pode obter com um dado processo, pois há outros parâmetros que entram em jogo, por exemplo:
 - a força do arco pode ser de tal modo elevada que pode perfurar a peça ou projectar o banho de fusão;
 - Diluição excessiva do metal base pode trazer complicações de origem metalúrgica;
 - Banhos de fusão grandes podem não ser compatíveis com a soldadura em posição ou dar origem a estruturas com grão grosseiro, de baixa tenacidade.
- Valores aceitáveis de penetração máxima que se pode obter com diferentes processos em soldaduras ao baixo com juntas com preparação de bordos rectos (valores indicativos):

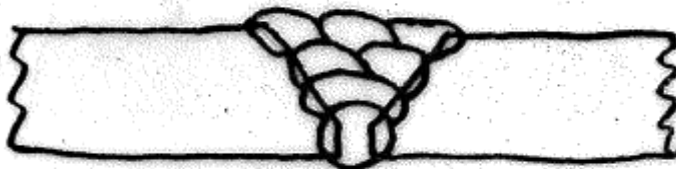
• TIG	3 mm
• Plasma	5 mm
• MIG/MAG	3 a 4 mm
• Eléctrodo revestido	2 a 3 mm
• Arco submerso	10 mm
- Se for possível o uso de cobrejuntas então podem-se usar processos com penetração mais elevada.



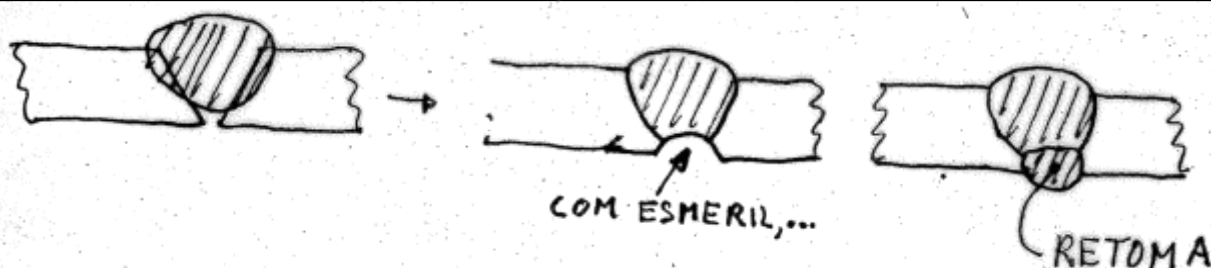
- Aumentando a espessura a soldar, torna-se necessário chanfrar os bordos, não servindo uma preparação com bordos rectos. Este artifício permite diminuir a força necessária para penetrar completamente a junta, ao mesmo tempo que concentra o calor na zona que se pretende efectivamente fundir.
- A escolha do ângulo de abertura resulta, em geral, de um compromisso entre a facilidade de deposição (ângulo de abertura grande) e a economia de metal depositado (ângulo de abertura pequeno).

2. Técnica de multipasse:

- Para espessuras superiores às consideradas atrás, torna-se necessário fazer enchimento da junta com diversos passes.



- Esta técnica tem a vantagem de fazer um refinamento do grão da estrutura do passe imediatamente anterior;
- Se houver acesso pelos dois lados da junta, pode fazer-se a deposição de metal em ambos os lados;
- Nestes casos, e para espessuras médias (13 a 15 mm) com preparações em V, ou quando a penetração deve ser total (garantida), faz-se um pequeno chanfro pelo lado inverso (com esmeriladora, rebarbadora, etc) e deposita-se um cordão de soldadura (1 só passe) a que se designa por retoma ou passe de confirmação.

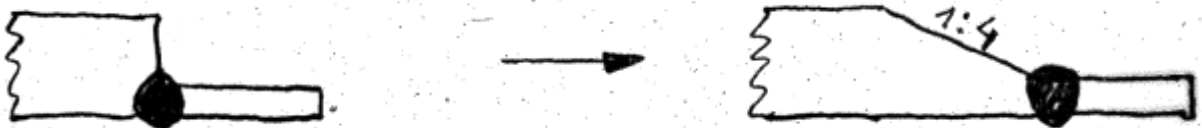


- Quando as espessuras a soldar aumentam e há acesso aos dois lados da junta , torna-se económico usar preparações de dupla abertura (exemplo: duplo V, etc).
- Há limitações relativas à redução de volume de metal depositado, tendo em vista a economia de soldadura:
 - Preparações de bordos verticais (rectos) podem provocar falta de fusão lateral;
 - Preparações estreitas e profundas podem originar fissuração durante a solidificação do metal depositado (fissuração na solidificação ou quente);
 - Afastamentos (folgas) na raiz exagerados devem ser evitados, porque podem causar fissuração na raiz, particularmente fissuração a frio induzida pelo hidrogénio.

3. Soldadura de espessuras desiguais:

- A soldadura de dois componentes de espessura diferentes, há problemas de balanço do escoamento de calor desenvolvido pelo processo de soldadura. O escoamento de calor é mais elevado através da chapa grossa do que da mais fina.

- Muito calor pode perfurar a chapa mais fina devido ao excesso de calor (sobreaquecimento), mas pouco calor não chega para fundir a mais espessa.
- Para resolver o problema reduz-se a espessura da chapa mais espessa, conseguindo-se deste modo uma melhor distribuição do calor, além da vantagem de reduzir o factor de concentração de tensão na zona da junta, que é de grande importância nos componentes que vão trabalhar com solicitações dinâmicas (fadiga).



4. Acessibilidade:

- Em geral, uma preparação deve ter um ângulo de abertura suficiente grande para permitir uma manipulação do eléctrodo ou tocha de soldadura;
- Para a soldadura em posição requer-se em geral maior flexibilidade de movimento, sendo usual o emprego de juntas com maior ângulo de abertura;
- Em soldadura na posição horizontal são usadas preparações assimétricas que evitam o escorrimento do banho de fusão por efeito da acção da gravidade;

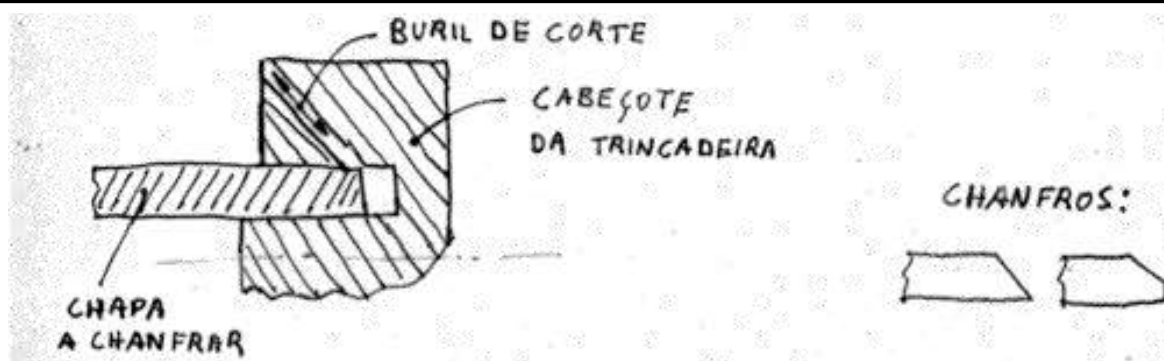
- Nos processos automáticos, de maior penetração, podem-se usar-se preparações mais estreitas compatíveis com o posicionamento do eléctrodo.

5. Deformação:

- Em geral pode-se dizer que as deformações aumentam com o volume de metal depositado;
- Na soldadura pelo dois lados pode-se diminuir a deformação ângular usando técnicas de deposição adequadas (soldadura alternada, dois soldadores, etc). Para contrabalançar a deformação originada no primeiro passe, podem-se usar preparações assimétricas (menor volume do lado que vai ser soldado em primeiro lugar).

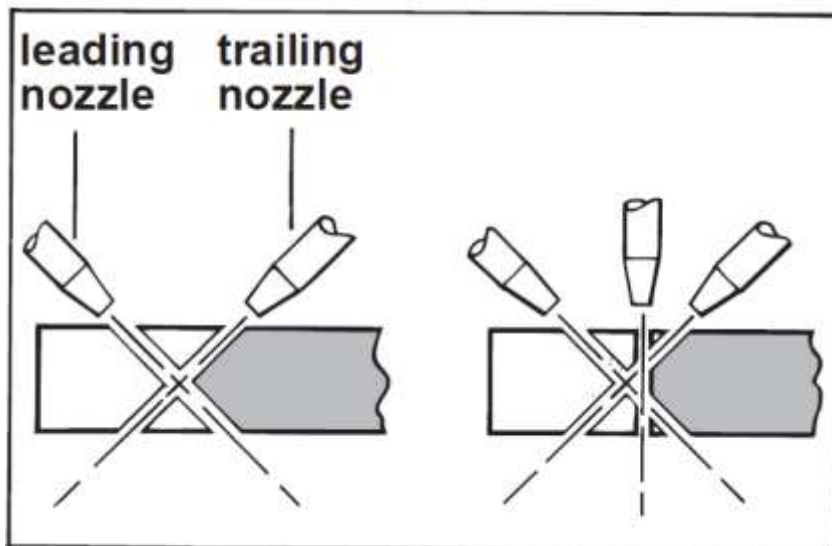
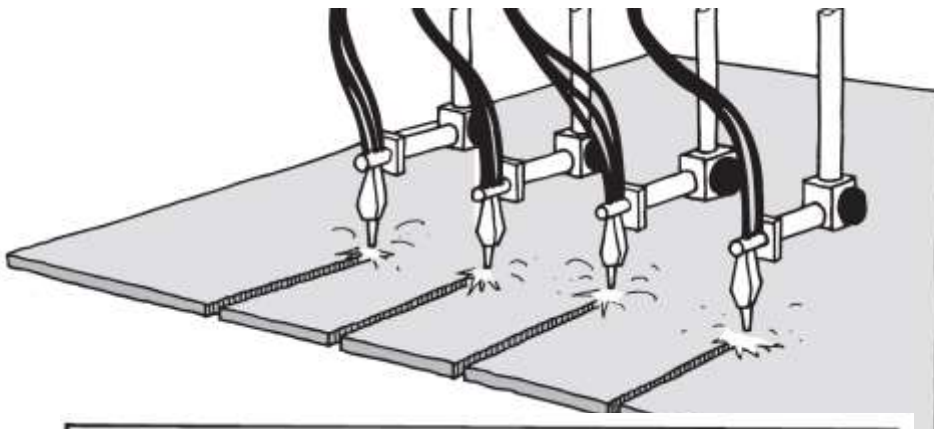
- **Preparação de chanfros. Processos utilizados**

1. **GUILHOTINA** (de lâmina, de rolos) – para execução de chanfros em V.
2. **TRINCADEIRAS** – máquinas manuais de chanfrar, muito utilizadas para tubos, que permitem fazer chanfros em V ou V parcial.



3. **TORNO, FRESADORA, LIMADOR** – para peças de pequenas dimensões, podemos fazer qualquer tipo de chanfro.
4. **ESMERILADORA, REBARBADORA** – para limpeza da raiz do cordão, para se fazer a “retoma” ou passe de confirmação.
5. **OXICORTE** – processo de preparação de chanfros mais utilizado, no entanto está limitado para o corte de metais ferrosos. Permite a obtenção de chanfros em V, X, K, etc (todos os chanfros planos). As máquinas de oxicorte podem ser fixas ou portáteis.
6. **PLASMA** – arco eléctrico de grande força de penetração, utilizado para materiais reactivos (titânio, ligas magnésio, ligas de alumínio, etc), onde não se pode utilizar oxicorte.
7. **ARC-AIR** (eléctrodo de carvão e corrente de ar comprimido)
- este processo realiza-se através de um arco gerado entre um eléctrodo de carvão (grafite) e o metal base, que funde o metal e ao mesmo tempo uma corrente de ar comprimido que sai paralelamente ao eléctrodo, arrasta consigo o metal fundido que se vai formando.

- O processo Arc-Air quando automatizado permite executar chanfros em meio V ou V de grandes comprimentos. Quando usado manualmente, utiliza-se mais para fazer a ranhuragem da raiz do cordão para a retoma ou para remoção de cordões com defeitos.
8. **ELÉCTRODOS ESPECIAIS** – são eléctrodos revestidos (grafite) e furados por onde passa uma corrente de oxigénio – utilizado somente na remoção de cordões.
9. **OUTROS PROCESSOS** – Laser, corte com jacto de água.



Exemplos preparação de juntas (aço):

Table 1 — Joint preparations for butt welds, welded from one side

Dimensions



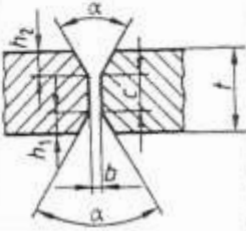


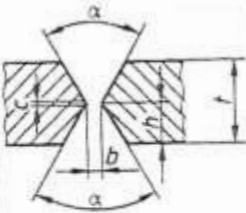


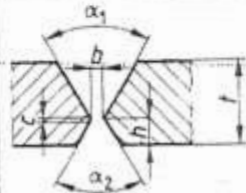
Weld				Joint preparation					Recommended welding process ¹⁾ (reference number in accordance with ISO 4063)
Workpiece thickness	Designation	Symbol (in accordance with ISO 2553)	Illustration	Cross-section	Angle ²⁾ α, β	Gap ³⁾ b	Thickness of root face c	Depth of preparation h	
$t \leq 2$	Butt weld between plates with raised edges				—	—	—	—	3 111 141 131 135
$t \leq 4$	Square butt weld				—	$b \leq t$	—	—	3 111 141
$3 < t \leq 8$					—	$6 \leq b \leq 8$	—	131 135 141 ¹⁾	
$3 \leq t \leq 10$	Single-V butt weld	V			$40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$b \leq 4$	$c \leq 2$	—	3 ⁴⁾

Exemplos preparação de juntas (aço):

Table 2 — Joint preparations for butt welds, welded from both sides

Weld				Joint preparation					Recommended welding process ³⁾ (reference number in accordance with ISO 4063)
Workpiece thickness	Designation	Combined symbols (in accordance with ISO 2553)	Illustration	Cross-section	Angle ¹⁾	Gap ²⁾	Thickness of root face	Depth of preparation	
$t \leq 6$	Square butt weld				$\alpha \parallel \beta$	$b \parallel \frac{1}{2} \sqrt{t}$	—	—	111 141
$6 < t \leq 40$	Single-V butt weld with root sealing				$\alpha \parallel \beta 60^\circ$ $40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$b \leq 3$	$c \leq 2$	—	111 141 131 135
$t > 10$	Single-V butt weld with root face and sealing run				$\alpha \parallel \beta 60^\circ$ $40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$1 \leq b \leq 3$	$2 \leq c \leq 4$	—	111 141 131 135

Exemplos preparação de juntas (aço):

Weld				Joint preparation					Recommended welding process ³⁾ (reference number in accordance with ISO 4063)
Workpiece thickness t	Designation	Combined symbols (in accordance with ISO 2553)	Illustration	Cross-section	Angle ¹⁾ α, β	Gap ²⁾ b	Thickness of root face c	Depth of preparation h	
$t > 10$	Double-V butt weld with broad root face				$\alpha \approx 60^\circ$	$1 \leq b \leq 4$	$2 \leq c \leq 6$	$h_1 = h_2 = \frac{t-c}{2}$	111 141
					$40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$				131 135
$t > 10$	Double-V butt weld				$\alpha \approx 60^\circ$	$1 \leq b \leq 3$	$c \leq 2$	$h = \frac{t}{2}$	111 141
					$40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$				131 135
$t > 10$	Asymmetrical double-V butt weld				$\alpha_1 \approx 60^\circ$ $\alpha_2 \approx 60^\circ$	$1 \leq b \leq 3$	$c \leq 2$	$h = \frac{t}{3}$	111 141
					$40^\circ \leq \alpha_1 \leq 60^\circ$ $40^\circ \leq \alpha_2 \leq 60^\circ$				131 135