


Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção



**PRO3610 – Métodos e Meio de Produção**


**Principais Processos para o Design de Produtos**

Processos de Junção – Parte I


**Prof. Fausto Mascia**

Bibliografia: Ashby, M., Johnson, K. Materiais e Design. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011

1



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção



**Processos de junção**

Semi acabados, sub-sistemas, produto final  
Montagem – etapa que agrega custos  
Reduzir ao máximo o número de componentes – facilita a montagem do conjunto



A seleção do processo de união/junção – critério mais adequado aos materiais, à geometria das peças, ao desempenho exigido da união escolhida.

Adesivos, uniões mecânicas e soldagem.

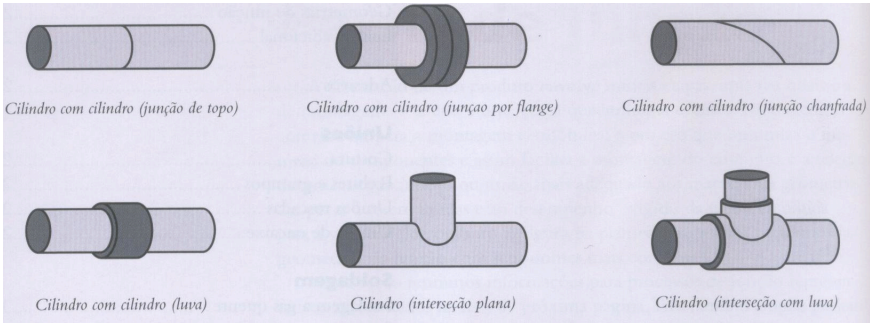
A escolha do processo depende dos materiais que serão unidos.

2

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção

### Geometria de junção – Cilindros/tubos





Cilindro com cilindro (junção de topo)      Cilindro com cilindro (junção por flange)      Cilindro com cilindro (junção chanfrada)

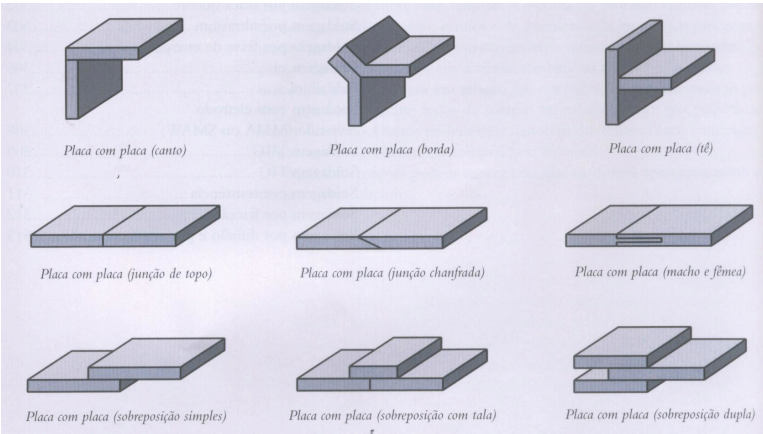
Cilindro com cilindro (luva)      Cilindro (interseção plana)      Cilindro (interseção com luva)

3

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção

### Geometria de junção – Planos





Placa com placa (canto)      Placa com placa (borda)      Placa com placa (tê)

Placa com placa (junção de topo)      Placa com placa (junção chanfrada)      Placa com placa (macho e fêmea)

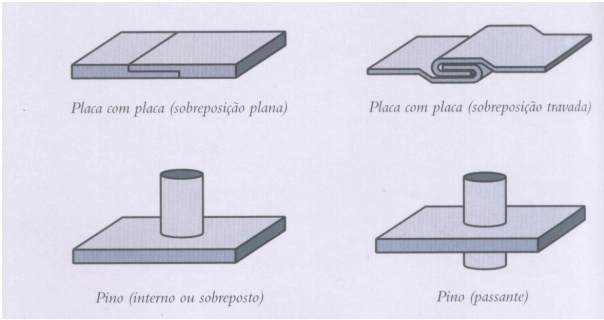
Placa com placa (sobreposição simples)      Placa com placa (sobreposição com tala)      Placa com placa (sobreposição dupla)

4

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção

## Geometria de junção



Placa com placa (sobreposição plana)



Placa com placa (sobreposição travada)

Pino (interno ou sobreposto)

Pino (passante)

5

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção

## Junção


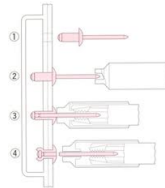

### União mecânica – rebites e grampos

- Não necessitam calor;
- Podem unir materiais diferentes;
- Materiais e espessuras diferentes.

Aplicadores – dispositivos elétricos e pneumáticos;

Tipo – junção

Em geral baratos, mesmo para lotes pequenos

6x12mm



3x11mm

3x9mm

2,3x5mm

3x9mm Apertado

6

 Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção 

## Junção

### União mecânica – Rebites e Grampos

Aplicações: ampla gama de possibilidades



Cuidados com os pontos de tensão no local em que o elemento de fixação penetra no material.

**Grampos:** indicados para materiais finos.


Condições de trabalho: merece atenção

Processos alternativos: adesivos, costura; uniões com rosca.

7

 Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção 

## Junção - Rebites



8

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção



### Junção - Rebites



9

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção





### Junção - Rebites



10


Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção

**Junção**

**União mecânica**

**Grampos**





União de papel, papelão, couro, tecido (indústria moveleira)

Rapidez e baixo custo

Aplicação – aparelho manual, elétrico ou pneumático; o grampo atravessa os materiais e bate em um ranhura, curva as pernas do grampo para dentro finalizando a fixação.

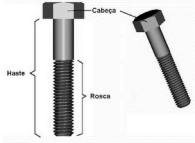
11

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção

**Junção - União mecânica – Uniões com rosca**

Não envolvem calor;  
União de materiais diversos e espessuras diferentes,  
Podem ser desmontados.



Parafusos exigem um orifício pré-roscado ou uma porca.  
Parafusos autoatarraxáveis – produzem a rosca no alojamento.

Em geral em aço carbono ou aço inoxidável.  
Arruelas de aperto são utilizados para evitar afrouxamento



Entregadas em junções que necessitam desmontagem.

Processos alternativos – junção de encaixe; rebites e grampos.

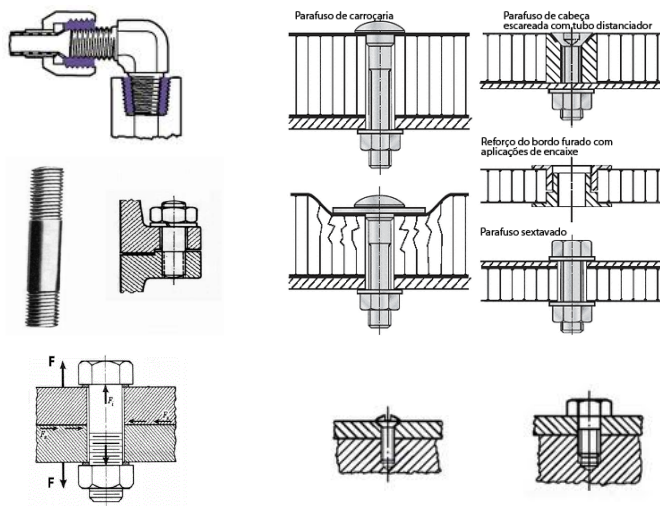
12



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção

### Junção - União mecânica – Uniões roscadas



Parafuso de carroçaria

Parafuso de cabeça escareada com tubo distanciador

Reforço do bordo furado com aplicações de encaixe

Parafuso sextavado

13

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção




### Junção - União mecânica – Uniões roscadas





$$F_t = \frac{M_t}{r}$$

$$M_t = 72620 \frac{N}{m}$$


14

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção





### Junção - União mecânica – Uniões roscadas

Parafusos





**Parafuso de cabeça tronco-cônica (escareada):**  
Empregado em montagens que não sofrem grandes esforços e onde a cabeça do parafuso não pode exceder a superfície da peça. São fabricados em aço, aço inoxidável, cobre, latão, etc.



**Parafuso de cabeça redonda:**  
Empregado em montagens que não sofrem grandes esforços. Possibilita melhor acabamento na superfície. São fabricados em aço, cobre e ligas como latão.


15

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção





### Junção - União mecânica – Uniões roscadas

Parafusos




**Parafuso de cabeça escareada abaulada:**  
São utilizadas na união de elementos cujas espessuras sejam finas e quando é necessário que a cabeça do parafuso fique embutida no elemento. Permitem um bom acabamento na superfície. São fabricados em aço, cobre e ligas como latão.




**Parafuso prisioneiro:**  
São parafusos roscados, em ambas as extremidades, utilizados quando necessita-se montar e desmontar frequentemente. Em tais situações, o uso de outros tipos de parafusos acaba danificando a rosca dos furos.

16






Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção



## Junção - União mecânica – Uniões roscadas

Parafusos




**Cabeça cilíndrica com sextavado interno (Allen):**


Utilizado em uniões que exigem bom aperto, em locais onde o manuseio de ferramentas é difícil devido a falta de espaço.

São normalmente fabricados em aço e tratados termicamente para aumentar sua resistência torção.

17

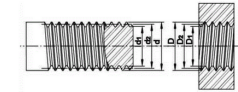
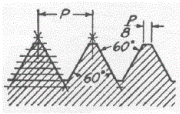


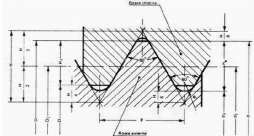
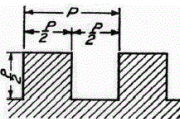
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção

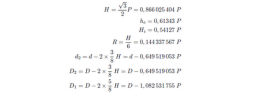
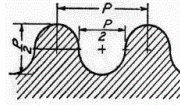


## Junção - União mecânica – Uniões roscadas

Roscas






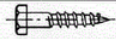
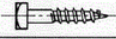

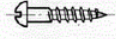



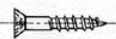
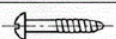

Métrica

18

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção






## Junção - União mecânica – Uniões roscadas

	parafuso para madeira, de cabeça sextavada
	parafuso para madeira, de cabeça quadrada
	parafuso para madeira, de cabeça escareado-abeulada com fenda
	parafuso para madeira, de cabeça redonda com fenda
	parafuso para madeira, de cabeça escareada com fenda
	parafuso para madeira, de cabeça escareado-abeulada com fenda cruzada
	parafuso para madeira, de cabeça redonda com fenda cruzada
	parafuso para madeira, de cabeça escareada com fenda cruzada
	parafuso tipo prego, de cabeça redonda
	parafuso tipo prego, de cabeça escareada

19

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção

## Junção

### União de encaixe

Permitem a junção ou travamento de componentes de todas as formas, materiais e texturas.



Baixo custo; menor tempo para montagem; não necessita ferramentas especiais;

Exigência: o material deve tolerar os esforços e a deflexão elástica exigida para montagem e desmontagem.

Material utilizado: polímeros e metais.




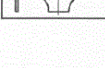
20


Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção

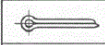

### Junção União de encaixe

**Arruelas de travamento**

	arruela de travamento com orelha
	arruela de travamento com unha externa
	arruela de travamento com unha interna
	arruela de travamento com duas orelhas





**Contrapinos**

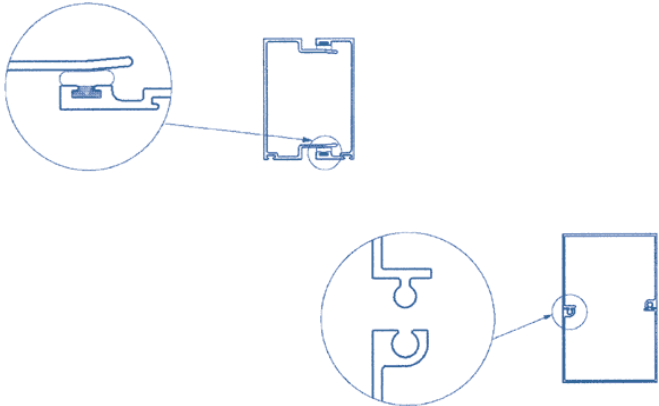
	contrapino
	contrapino com ressalto

21

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção

### Junção União de encaixe – combinação de perfis



22

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção




## Junção - União de encaixe









23

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção

## Junção

### Adesivos

#### Adesivos naturais

Civilizações antigas – pasta de amido; colas de gelatinas animais; união de materiais com betume (alcatrão, xisto) e goma arábica.

#### Adesivos sintéticos

Início do século XX – desenvolvimento da química de polímeros



Adesivos estruturais sintéticos – muito utilizados na atualidade – executar alguma função mecânica

Função secundária – vedação

Adesivos rígidos resultam em adesões rígidas  
Adesivos flexíveis

24

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção

## Junção

### Adesivos

Classificação baseada na química

#### Aplicações para o design

- Proporcionam grande grau de liberdade;
- Praticamente todos os materiais podem ser ligados por adesivo;
- Espessuras de materiais muito diferentes
- Alguns toleram dilatação térmica
- Leveza
- Impermeabilidade à água
- Restrições às junções de topo
- Requer equipamentos especiais (pistolas, sprays, pincéis) – possibilidade de automação
- Requer ventilação no local de aplicação
- Processos concorrentes – uniões mecânicas

25

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção






### Adesivos – aplicações – construção civil

Madeiras  
Instalações de pisos


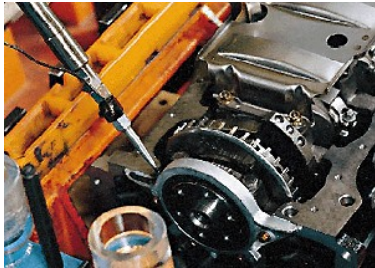



26

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção






### Adesivos – aplicações industriais

27

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção

### Junção - Adesivos


#### Adesivos acrílicos

Sistemas de duas partes; quando misturadas ou ativadas por radiação UV, são curadas e formam uma camada de ligação resistente a impacto.

Uso – ligações madeira-metal

Algumas características:


- Duráveis;
- Resistentes à água,
- Capazes de unir ampla faixa de materiais.




Aplicações: componentes aeroespaciais; automotivos; computadores

28





Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção



## **Junção - Adesivos**

### **Adesivos de cianoacrilato**

Cura quase instantânea quando confinados entre duas superfícies.


Apesar de utilizarem a umidade existente nas superfícies para o processo de cura, a água não é um reagente direto no processo.

Ligação resistente – porém frágil


Possuem níveis variáveis de velocidade, cura, viscosidade, preenchimento de folgas e compatibilidade entre diferentes substratos. fórmulas especiais com baixo odor e resistência a altas temperaturas.

Não precisam de calor ou aperto para a ligação

29



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção



## **Junção - Adesivos**

### **Epóxis e fenólicos de epóxis**

Alta resistência à tração

Resistentes à solventes, ácidos, bases e sais


Epóxis de náilon – resistências mais elevadas (usados para unir alumínio, magnésio e aço).


Fenólicos de epóxi – usados para unir metais, vidro e resinas fenólicas

Ponto desfavorável: preço

Uso: indústria aeroespacial, automotiva e náutica.

30


 Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
 Departamento de Engenharia de Produção




### **Junção - Adesivos**

#### **Adesivos com base em imida (dismaleimidas, poliimidas)**


Base de imidas


Utilizados como matriz em polímeros reforçados com fibras.

Melhor desempenho em temperaturas elevadas do que outros adesivos



31


 Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
 Departamento de Engenharia de Produção




### **Junção - Adesivos**

#### **Adesivos fenólicos**



Um dos primeiros adesivos sintéticos

Boa resistência à água;  
Resistência ao calor – retardador de chamas

Uso: fabricação de compensado de madeira, agregado de madeira e estruturas de madeira laminada; esmeris e lonas de freio; peças fundidas em areia.



32

 Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção 


## Junção - Adesivos

### Poliuretanos

Base de poliuretano

Resistência e flexibilidade;  
Boa resistência a água e solventes;  
Boa faixa de temperatura (até 80°C).

Indústria automotiva; construção; moveis; calçados



33



 Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção 

## Junção - Adesivos

### Poliuretanos



34

 Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção 


## Junção - Adesivos

### Silicones

O silício substitui o carbono como principal elemento da cadeia

Propriedades principais: flexibilidade e estabilidade química.

Aplicações: vedações na indústria automotiva, construção e náutica.



35



 Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção 

## Junção - Adesivos



36

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção






### Junção – Adesivos anaeróbicos

Curados à temperatura ambiente quando na ausência de oxigênio.



Ligação forte com baixo encolhimento.

Aplicações: travas roscadas em uniões mecânicas; fixação de engrenagens e mancais.

37

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo  
Departamento de Engenharia de Produção

### Bibliografia indicada para a parte de processos

Ashby, M. E. (2011). **Materiais e design: arte e ciência da seleção de materiais no design de produto**. Rio de Janeiro: Elsevier.

Kiminami, C. S. (2018). **Introdução aos processos de fabricação de produtos metálicos**. São Paulo, Editora Blucher.

Lefteri, C. (2009). **Como se faz: 82 técnicas de fabricação para design de produtos**. São Paulo: Editora Blucher.

Lefteri, C. (2017). **Materiais em design**. São Paulo: Editora Blucher.

Lima, M. A. M. (2006) **Introdução aos materiais e processos para designers**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna.

Michaeli, W. et all. (1995). **Tecnologia dos plásticos**. São Paulo: Editora Blucher.

38