



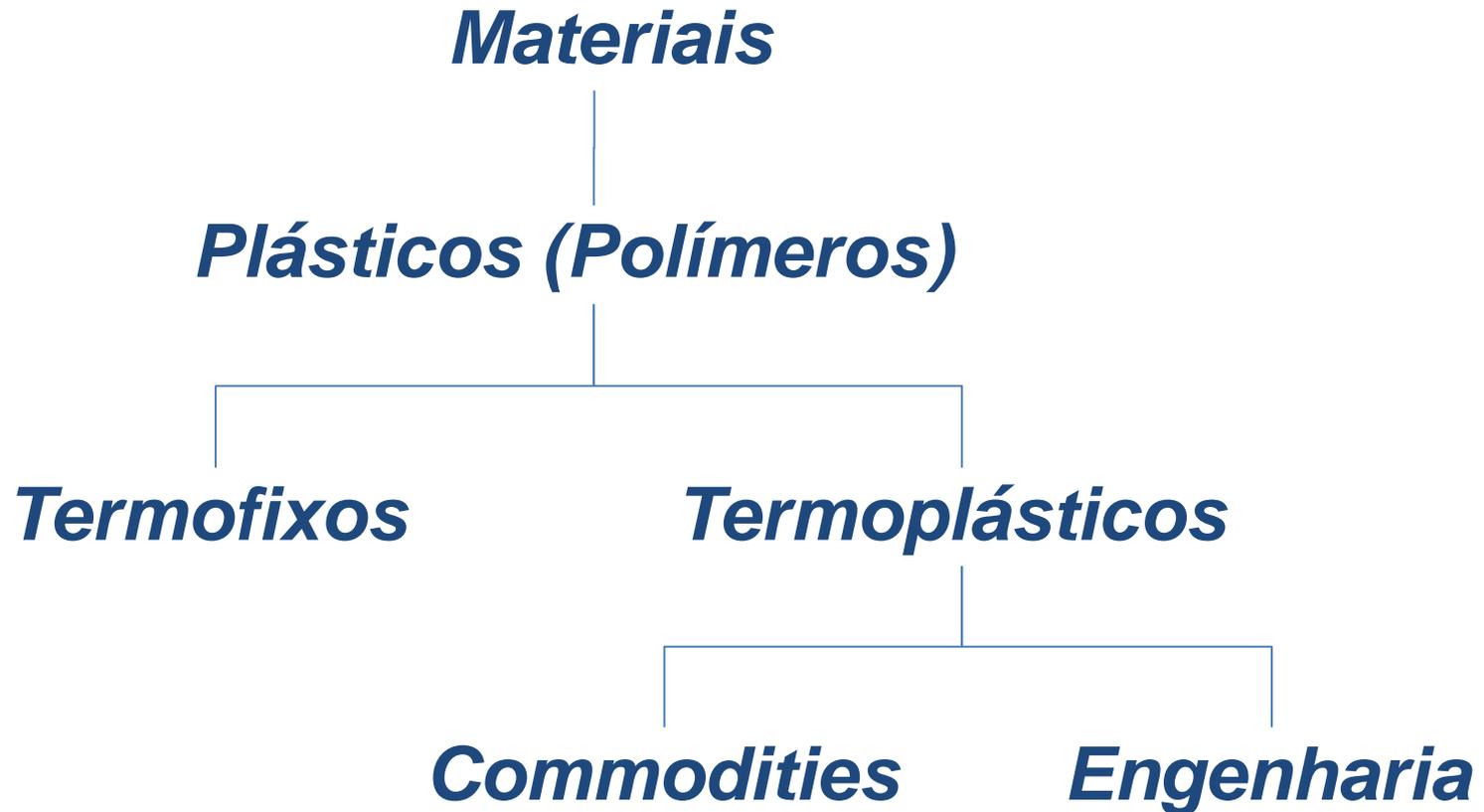
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Produção



Aula 21: seleção de materiais – complemento

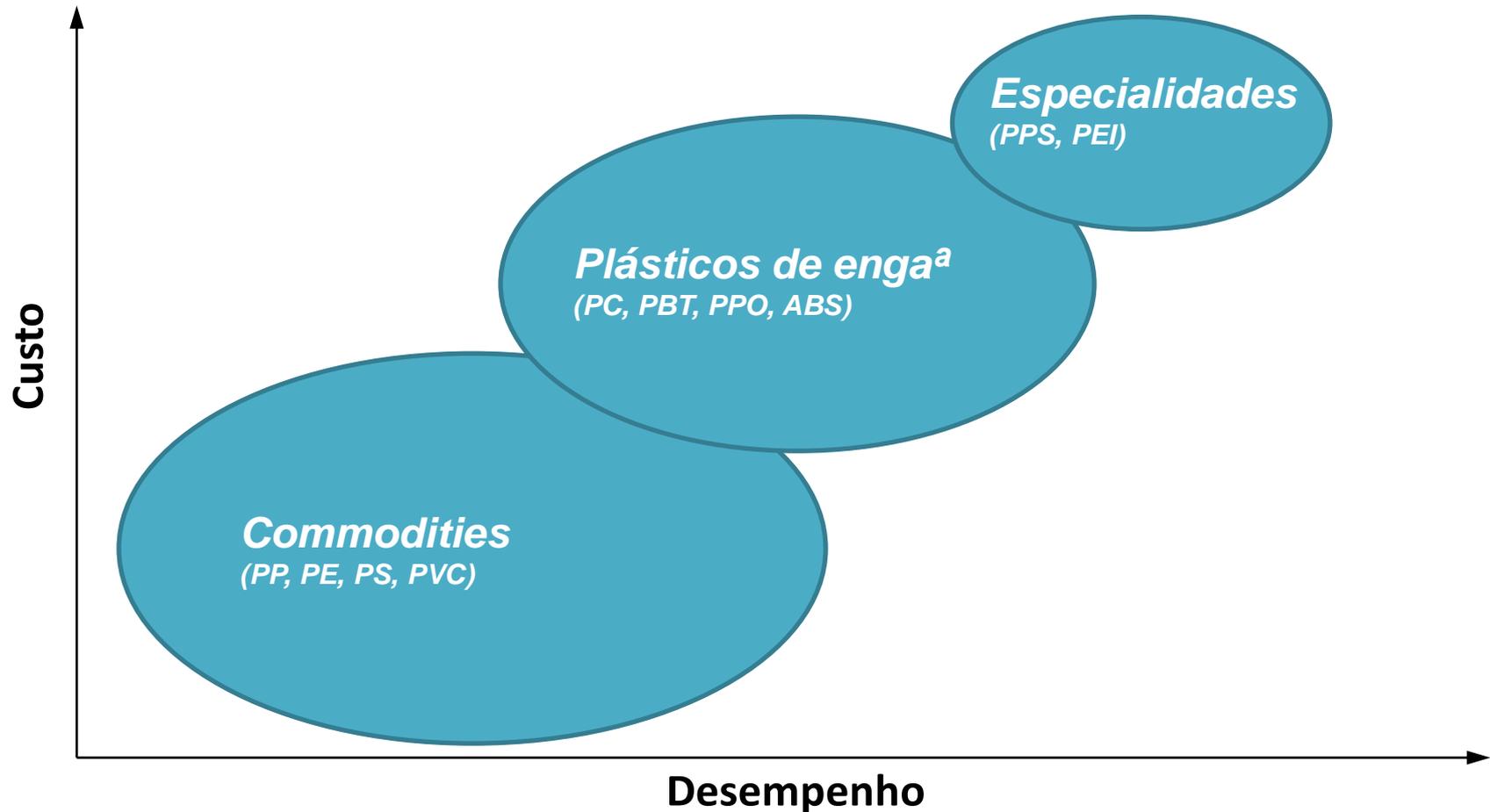
- Materiais poliméricos
 - Termoplásticos, termofixos etc.
- Metais ferrosos
 - Ferro fundido, aço carbono, aços liga, aços especiais etc.
- Metais não ferrosos
 - Alumínio, magnésio, cobre, níquel, bronze, ligas etc.
- Materiais especiais
 - Materiais compósitos

- Definição de polímeros
 - Materiais, naturais ou sintéticos, formados a partir da repetição de uma molécula básica, gerando uma cadeia longa e de alto peso molecular
- Famílias de polímeros
 - **Termoplásticos**
 - Plásticos capazes de amolecer e fluir quando aquecidos, tornar-se rígidos quando resfriados, e amolecer quando reaquecidos
 - Exemplo: polipropileno
 - **Termofixos**
 - Plásticos que se tornam permanentemente rígidos quando aquecidos e resfriados
 - Exemplo: baquelite



Relação custo vs. desempenho (ilustrativo)

Custo varia de US\$ 1,2 a US\$ 1.000,00/kg



Polietileno (PE)

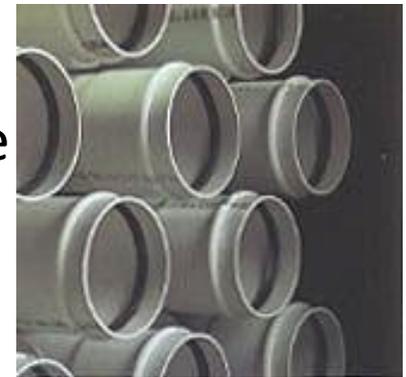
- Material polimérico derivado do eteno com grande aplicação em **embalagens**
- PEAD (polietileno de alta densidade)
 - Alta resistência ao impacto, inclusive em baixas temperaturas
 - Boa resistência contra agentes químicos
- **Aplicações:** embalagens (em filmes flexíveis), revestimentos em geral, tubos, garrafas, bacias, fios elétricos

Polipropileno (PP)

- Polímero derivado do propeno ou propileno com propriedades semelhantes ao PE, mas com ponto de aquecimento mais elevado
- **Aplicações:** brinquedos, frascos para remédios, tubos para canetas esferográficas, painéis de instrumentos, cabeçotes de distribuidor, pára-choques, componentes eletrodomésticos, seringas, utilidades domésticas

Policloreto de vinila (PVC)

- Um dos materiais plásticos mais consumidos, parcialmente derivado do petróleo (representando aproximadamente 43% de sua composição)
- **Características principais:** relativamente leve, resistente a ação de fungos e bactérias, bom isolante (térmico, elétrico e acústico), resistente a choques, durabilidade, anti-chama (não propaga chamas)
- **Aplicações:**
 - **PVC rígido (PVC-R):** tubos em geral, perfis
 - **PVC flexível (PVC-F):** filmes para embalagens, cortinas, fios e cabos, mangueiras, embalagem de cosméticos



Poliestireno standard (PS)

- É um termoplástico duro e quebradiço com transparência cristalina (exemplo: caneta Bic cristal)
- **Aplicações:** embalagens para alimentos, brinquedos, canetas
- Outros tipos:
 - **Poliestireno alto impacto (HIPS):** para eletrodomésticos, cabos de ferramentas, caixas de proteção, jarras, copos
 - **Poliestireno expandido (EPS)** – conhecido como “isopor”: baldes para gelo, pranchas, isolamentos e embalagens em geral

Acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS)

- Material polimérico usado em várias aplicações, nas quais requer-se um **material leve que proporciona boas propriedades**, tais como resistência ao impacto, material anti-chama etc.
- **Aplicações:** eletrodomésticos em geral, consoles, grades, molduras de automóveis, capacetes, carcaças de telefone, de TV e de computadores, tubos para líquidos corrosivos



Poliamidas (PA) – Nylons (DuPont)

- Primeira fibra sintética com característica de alta resistência, fácil lavagem, baixa absorção de umidade
- **Aplicações:** tecidos, fios, correias e mangueiras; cordas de violão; cerdas de escovas de dentes; engrenagens, cames e buchas; tampas de motores

Poliésteres (PBT e PET)

- Fibra artificial sintética obtida por processos químicos, derivada do petróleo
- **PBT**
 - Resistência química, térmica, mecânica
 - **Aplicações:** botão de fogões, carcaças de furadeira e lixadeiras
- **Outras aplicações:** embalagens, indústria têxtil, conectores elétricos, filmes fotográficos

Policarbonato (PC)

- Material polimérico transparente, com características de resistência para aplicações de alta exigência (excelente resistência ao impacto, estabilidade dimensional, resistência térmica etc.), mas não tem resistência química
- **Aplicações:** iluminação pública, óculos de proteção, lentes de faróis, CDs, carcaças de laptops
- **Outras aplicações:** substituições do vidro e acrílico, carcaças de motores, equipamentos de segurança, telefones celulares

Combinações (“blendas poliméricas”)

- **Polióxido de fenileno/poliamida (PPO/PA)**

- **Aplicações:** peças automotivas pintadas em linha

- **Polióxido de fenileno/poliestireno (PPO/PS)**

- **Aplicações:** painéis de instrumentos, aerofólios, pára-choques, carcaças, conectores

- **Policarbonato/Poliéster**

- **Aplicações:** carcaças de lanternas e de ferramentas, equipamentos hidráulicos, pára-choques

- Materiais poliméricos
 - Termoplásticos, termofixos etc.
- Metais ferrosos
 - Ferro fundido, aço carbono, aços liga, aços especiais etc.
- Metais não ferrosos
 - Alumínio, magnésio, cobre, níquel, bronze, ligas etc.
- Materiais especiais
 - Materiais compósitos

- Liga de ferro que contém de 2 a 4,5% de carbono, obtido diminuindo-se a porcentagem de carbono no ferro gusa, sendo, portanto, um ferro de segunda fusão
- **Tipos de ferro fundido**
 - **Ferro fundido cinzento:** fundido e moldado em peças para posterior trabalho com ferramentas, absorve bem as vibrações, percentual de carbono de 3,5 a 4,5%
 - **Ferro fundido branco:** difícil de ser fundido e usinado, usado para peças que requerem alta resistência ao desgaste, percentual de carbono de 2 a 3%

- Um dos materiais mais importantes usados na indústria, na fabricação de peças em geral
- Obtido reduzindo-se o percentual de carbono do ferro gusa
- O percentual de carbono varia de 0,05 a 1,75%
- **Tipos de aço**
 - **Aço carbono:** contém, além do ferro, baixas porcentagens de carbono, manganês, silício, enxofre e fósforo
 - **Aço liga:** aços especiais obtidos mediante a adição de certos elementos, tais como níquel, cromo, manganês, tungstênio, cobalto, vanádio, silício, molibdênio e alumínio

- Pode ser trabalhado com ferramenta de corte, curvado e dobrado, soldado, forjado e laminado
- Classificação da ABNT
 - Exemplo aço ABNT NBR 1020
 - Os dois primeiros algarismos designam a classe do aço (10 = aço carbono)
 - Os dois últimos algarismos designam o teor médio de carbono (20 = 0,2% de carbono)

Designação	Teor de Carbono
Aço 1010	0,08% a 0,13%
Aço 1020	0,18% a 0,23%
Aço 1030	0,28% a 0,34%
Aço 1040	0,37% a 0,44%
Aço 1050	0,48% a 0,55%
Aço 1060	0,55% a 0,65%

Formas comerciais do aço

- **Vergalhões:** barras laminadas em diversos perfis (redondos, chatos, quadrados e sextavados)
- Quando necessita-se de barras com formas e medidas mais precisas recorre-se ao processo de acabamento denominado de trefilação (**aços trefilados**)
- **Chapas: laminados planos**
 - **Chapas pretas:** sem acabamento após a laminação
 - **Chapas galvanizadas:** revestidas com uma camada de zinco – usadas em locais úmidos (calhas etc.)
 - **Chapas estanhadas:** revestidas com uma camada de estanho – latas
- **Tubos**
 - **Com costura:** obtidos por meio do dobramento de uma chapa – usados para tubulações de baixa pressão etc.
 - **Sem costura:** obtidos a quente – usados para tubulações de alta pressão



Tabela de aço carbono

Designação	Têmpera	Solda	Uso
1006 a 1010	Não adquire	Fácil soldagem	Chapas, fios, tubos, parafusos, peças de caldeiraria
1020 a 1030	Não adquire	Soldável	Barras laminadas e perfiladas, peças comuns de mecânica
1030 a 1040	Início de têmpera	Difícil	Peças especiais de máquinas e motores, ferramentas agricultura
1040 a 1060	Boa têmpera	Muito difícil	Peças de gde dureza, ferramentas de corte, molas, trilhos
+ de 1060	Fácil têmpera	Não solda	Peças de gde dureza e resistência, molas, cabos, cutelaria

- **Aços com características de maior resistência a tração e à corrosão, elasticidade, dureza etc.**
- Adiciona-se ao aço carbono elementos que proporcionam tais características (níquel, cromo, manganês, tungstênio, cobalto, vanádio, silício, molibdênio e alumínio)
- **Emprego dos aços liga**
 - Aço cromo inoxidável (relógios, facas etc.)
 - Aço silício manganês (suspensão, molas etc.)
 - Aço rápido (ferramentas de corte para usinagem)
 - Aço cromo vanádio (ferramentas manuais)
 - Aço cobalto (ferraduras)
 - Aço cromo-níquel (engrenagens, bielas etc.)

Tabela de aço liga

Designação	Teor	Características
Aço Níquel	1 a 10% Ni	Resistência à ruptura e ao choque qdo temperados
	20 a 50%	Resistência a tração, gde dureza, temperáveis em jato ar
Aço Cromo	Até 6% de Cr	Resistência à ruptura, duros, não resiste ao choque
	11 a 17% (inox)	-
	20 a 30%	Resistência à oxidação mesmo em altas temperaturas
Aço Cromo-Níquel	8 a 25% Cr 18 a 25% Ni	Inoxidáveis resistentes ao calor e à corrosão química

Tabela de aço liga

Designação	Teor	Uso
Aço Níquel	1 a 10% Ni	Peças de automóveis, máquinas, ferramentas
	20 a 50%	Válvulas de motores térmicos, resistências elétricas
Aço Cromo	Até 6% de Cr	Esferas e rolos de rolamentos, ferramentas, projéteis
	11 a 17% (inox)	Aparelhos e instrumentos de medida, cutelaria
	20 a 30%	Válvulas de motores a explosão, fieiras, matrizes
Aço Cromo-Níquel	8 a 25% Cr 18 a 15% Ni	Portas de forno, eixos de bombas, válvulas e turbinas

Tabela de aço liga

Designação	Teor	Características
Aço Manganês	7% a 12% Mn	Extrema dureza, grande resistência a choques e desgaste
Aço Silício	1 a 3% Si	Resistência à ruptura, elevado limite de elasticidade
Aço Silício-manganês	1% Si; 1% Mn	Grande resistência à ruptura e elevado limite de elasticidade
Aço Tungstênio	1 a 9%	Dureza, resistência à ruptura, calor da abrasão e propriedades magnéticas
Aço Cobalto	-	Propriedades magnéticas, resistência à ruptura e a abrasão (fricção)

Tabela de aço liga

Designação	Teor	Características
Aço Rápidos	8 a 20% Tungstênio 1 a 5 % Vanádio até 8% Molibdênio 3 a 4% Cromo	Excepcional dureza, resistência de corte mesmo com altas temperaturas devido a alta velocidade
Aços Alumínio-Cromo	0,85 a 1,2% Al 0,9 a 1,8% Cr	Grande dureza superficial por tratamento de nitretação (tratamento termo-químico)

Tabela de aço liga

Designação	Teor	Uso
Aço Manganês	7% a 12% Mn	Eixos de carro e vagões, agulhas, curvas de trilhos
Aço Silício	1 a 3% Si	Molas, núcleos de bombas elétricas
Aço Silício-manganês	1% Si; 1% Mn	Molas diversas, molas de automóveis e vagões
Aço Tungstênio	1 a 9%	Ferramentas de corte para altas velocidades, matrizes
Aço Cobalto	-	Imãs permanentes, chapas de induzidos
Aço Rápido	- ver tabela anterior -	Ferramentas de corte, matrizes, fieiras, punções
Aços Alumínio-Cromo	0,85 a 1,2% Al 0,9 a 1,8% Cr	Camisas de motores a explosão, virabrequins, eixos

- Materiais poliméricos
 - Termoplásticos, termofixos etc.
- Metais ferrosos
 - Ferro fundido, aço carbono, aços liga, aços especiais etc.
- Metais não ferrosos
 - Alumínio, magnésio, cobre, níquel, bronze, ligas etc.
- Materiais especiais
 - Materiais compósitos

- Os metais não ferrosos ...
 - ... oferecem uma gama de propriedades mecânicas e físicas
 - ... possuem ampla variedade de pontos de fusão
 - ... diferem amplamente em custos e performance

- Possui alta razão resistência-peso
- Apresenta boa formabilidade (pode ser facilmente conformado, cortado, ligado e acabado)
- Tem um mecanismo de anticorrosão próprio: quando em contato com o ar, um duro revestimento microscópico forma-se na superfície, selando o metal
- É um excelente condutor elétrico
- Reflete a energia radiante de todo espectro
- Não é magnético e é contra-faíscas
- O alumínio encontra-se disponível em duas formas
 - Produto maleável
 - Produto fundido ou lingote

Alumínio



- Metal de fácil conformação e liga
- Tem excelente condutividade elétrica e térmica
- Apresenta excelente resistência à corrosão
- O cobre (Cu) e suas ligas ...
 - ... tem razão resistência-peso relativamente baixa
 - ... tem baixa resistência a temperaturas elevadas
 - ... estão sujeitas a trincas (algumas ligas)
- O latão (Cu + zinco) e o bronze (Cu + estanho) são disponíveis em vários formatos padrão e são muito usados em tubulações

Cobre e bronze



- Metal importante no design de produtos pois é o metal de maior leveza estrutural disponível
 - **Exemplos:** motores de aeronaves, rodas para veículos esportivos etc.
- Apresenta excelente combinação de **baixa densidade e boa tensão mecânica**, resultando em boa razão resistência-peso
- As ligas de magnésio podem absorver energia elástica e resistência moderada permitindo alta capacidade de amortecimento
- O metal é sensível a concentração de tensão (entalhes, ângulos e mudanças bruscas de seção devem ser evitados)

Magnésio



Ligas de zinco

- Apresenta resistência e ductibilidade moderada
- Tem excelente resistência à corrosão
- O metal é usado como revestimento para o aço (deposição superficial) – aço galvanizado
- Exemplos: componentes automotivos, peças para brinquedos, caixas de eletricidade etc.

Chumbo

- Metal tóxico, mas utilizado em inúmeras aplicações
- É resistente a ataques de produtos corrosivos
- Impenetrável a radiações X e gama e é ótimo absorvedor de som
- Apresenta facilidade de conformação e de recuperação a partir de resíduos
- Muitas soldas são feitas de ligas chumbo-estanho

Metais preciosos

- Três subgrupos: prata e suas ligas, ouro e suas ligas, e metais tipo platina (platina, paládio etc.)
- Aplicações em jóias e aplicações industriais e de alta tecnologia em que a máxima resistência à corrosão é requerida

Berílio

- Possui baixa densidade (2/3 do Al), alto calor específico, alta resistência, excelente estabilidade dimensional
- Usado em aviões militares e no sistema de freio do ônibus espacial, sistemas de reentrada na atmosfera, sistemas óticos e espelhos

Cromo

- Metal decorativo ou de recobrimento
- É resistente à corrosão
- É usado para endurecer o aço, melhorar sua resistência à abrasão, ao desgaste e à corrosão (vide aço inox)

Níquel (e suas ligas)

- Metal comum para ser usado em recobrimento
- Usado em aplicações que requerem resistência à corrosão ou resistência a elevadas temperaturas

Metais refratários

- Tungstênio, tântalo, molibdênio e colômbio
- Usados em aplicações de alta temperatura e alta resistência à corrosão
- Metais aplicados em aplicações industriais disponibilizando-os como elementos de liga

Titânio

- Metal usado para implantes cirúrgicos e equipamentos marítimos e químicos