Universidade Federal do Paraná
Setor de Tecnologia
Departamento de Engenharia Mecânica

TMEC034
Seleção de Materiais

Base de custos para seleção de materiais

Prof. Rodrigo Perito Cardoso

Favor desligar o celular ou passá-lo para o modo silencioso

Em caso de ligação favor não atender durante a aula

Introdução

No processo de seleção:

- Lista preliminar de materiais candidatos é obtida baseada em suas propriedades
- **Custo é considerado na etapa de tomada de decisão e geralmente é um critério dominante**
- Para componentes com desempenho equivalente o custo é fator decisivo
- Relação custo X desempenho (nos extremos produto orientado por **desempenho** ou orientado por **custo**)

Introdução

- Produto orientado por desempenho:
  - Armamentos (caça, submarino nuclear...)
  - Veículos espaciais
  - Custo é consequência
  - Entretanto custo não justificado por eficiência deve ser eliminado

- Caso intermediário
  - nem só custo nem só desempenho
  - Ex. trem urbano de transporte em massa -> necessidade de elevada confiabilidade a custo aceitável -> falha leva a grandes transtornos e custos diretos e indiretos.

Introdução

- Produtos orientados por custo:
  - Caros populares e máquinas de lavar roupa
  - Produção em massa
  - Não é necessário aplicar toda tecnologia disponível
  - Suprir necessidades básicas (variam com o tempo)
    - Função/segurança (ex: ABS, Airbag)
    - Tempo de vida mínimo (garantia, conserto x substituição -> troca de tecnologia)
    - Impacto ambiental -> noção que os recursos são limitados (já foi completamente desconsiderado)

Eficiência e análise de custo

- Valor x Custo
  - Valor: ligado à performance necessária (quanto vale intangível)
  - Custo: quanto se paga para produzir algo dado um nível de valor/performance

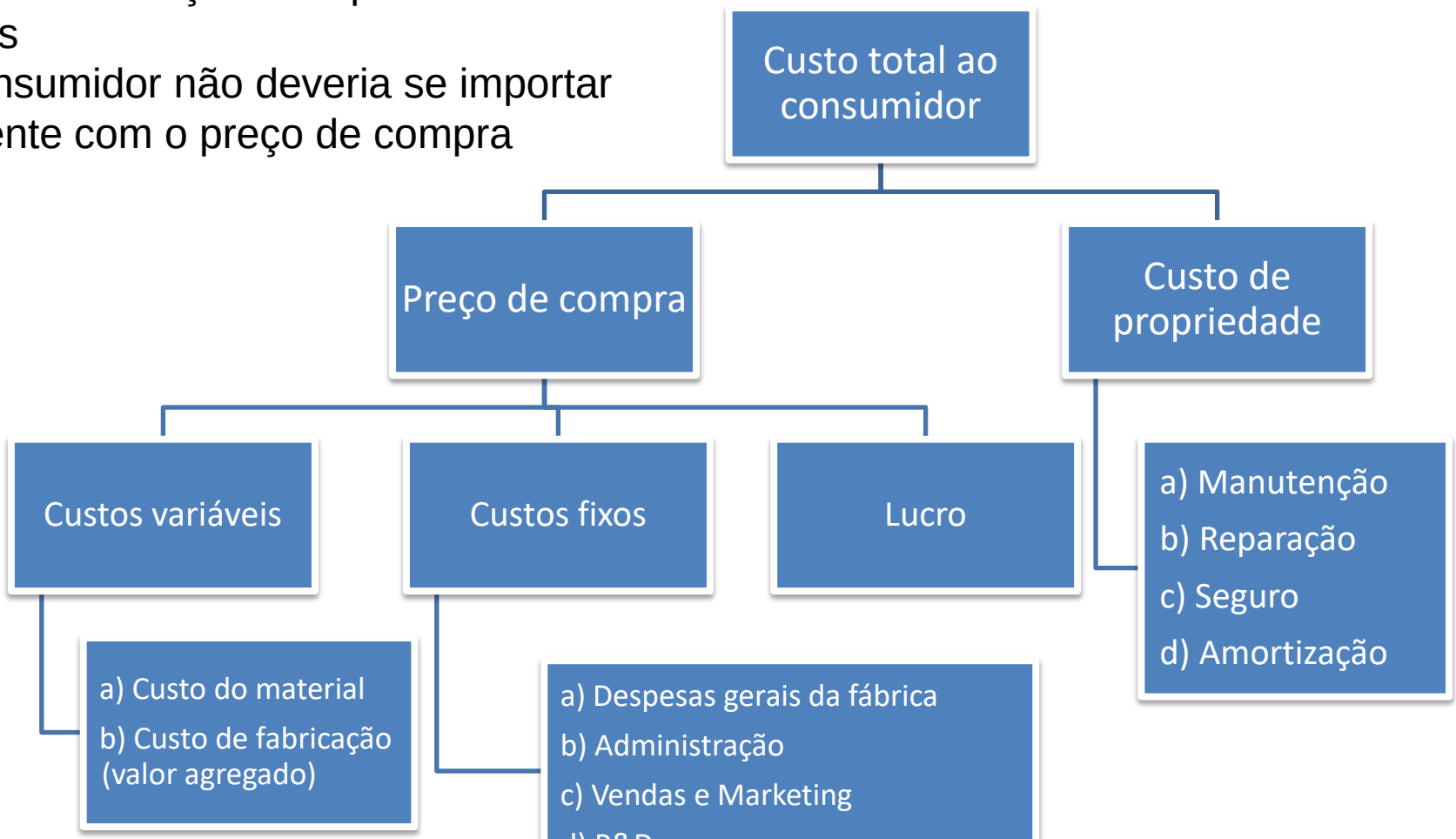
- Propriedades sensíveis ao material e ao projeto:
  - Um material tenaz resiste ao inicio e a propagação de trinca
  - Um “projeto tenaz” é livre de entalhes e concentradores de tensão

Eficiência e análise de custo

- Decisão com “eficiência de custo“ é tomada a luz de:
  - Necessidades especiais de trabalho
  - Propriedades de todos materias disponíveis e sua relação com as necessidades especiais
  - Decisões visando “eficiência de custo“ normalmente inibem avanços tecnológicos
  - Ex: O desenvolvimento de aços inoxidáveis austeníticos permite usinas termoelétricas a operar com vapor a 600°C (maior eficiência energética), mas o custo do material torna esta usina menos econômicas que as que operam a 565°C

Análise de custo

Custo em serviço é composto de várias partes
O consumidor não deveria se importar somente com o preço de compra



Normalmente o custo de fabricação é menor que o custo do material, mas isso não é regra

Análise de custo

- A maioria das ações de redução de custo visa redução do preço de compra (melhor maneira de aumentar vendas de produtos orientados por custo)
- Normalmente redução do custo de propriedade implica em aumento do preço de venda (nem sempre o consumidor está disposto a pagar e o problema ocorre após a garantia), mas pode ser justificada ao longo da vida do produto
- Ex: Resistência ao uso chapas de aço galvanizado e silenciadores de inox na industria automotiva. Tecnologias chegaram antes na Jaguar e na Rolls-Royce.

Custo básico de materiais

- Diversos fatores influenciam o custo da matéria prima:
  - Estabilidade do composto (minério)
    - Quanto mais estável mais energia é necessária para recuperar o metal. (Uso dos histórico de metais: ouro e prata (elementar), cobre e chumbo(fácil de reduzir))
  - Abundancia relativa e facilidade de extração
    - Ferro é o mais abundante e fácil de explorar
      - Minério de ferro 60-65% de Fe (existem minérios com 25%)
      - Minério de cobre 1-1,5% de Cu
      - Minério de urânio 0,2% de U
      - Jazidas de ouro 0,0001-0,001% de Au

Custo básico de materiais

- Oferta e procura
  - Deslocamento das curvas
  - Não vale para produtor único
    - Monopólio
  - Arranjo se poucos produtores
    - Cartel
      - » Alguns metais
      - » Caso do petróleo (OPEP)

Salto de escala ou tecnológico
Ex: Al e Ti eram metais raros e caros

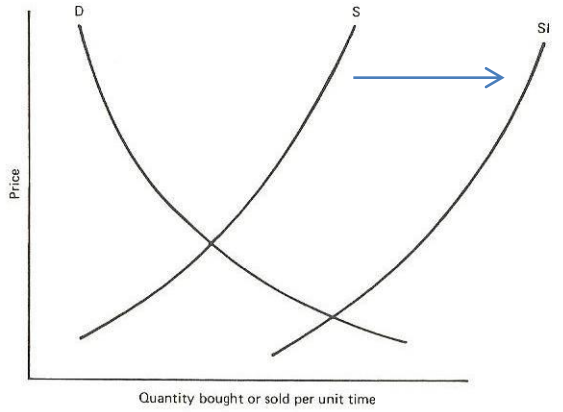


Figure 3.2 Curves of supply and demand: S = supply; D = demand.

Custo básico de materiais

- Flutuação de preços
  - Se a oferta é pequena o preço pode varia fortemente sem fatores técnicos
    - Ex.: Ni em 1969
      - » Após uma greve, a produção caiu pela metade e o preço foi de 985 para 5500 libras -> preço da aço inox austenítico subiu 14% (British Steel) -> reexame de possibilidade de substituir austenítico por ferríticos (25% mais baratos)
    - Ex.: Cu – Muito instável (Chile, EUA)
      - » Fatores políticos, greves
      - » Guerras locais

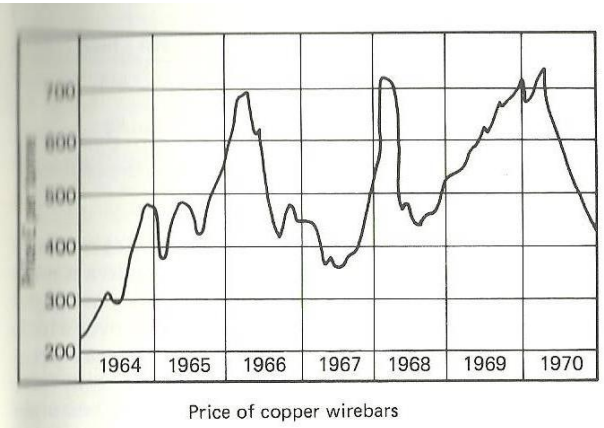


Figure 3.3 Fluctuations in prices of copper wirebars. (Data from *Meta*

Custo básico de materiais

– Flutuação de preços

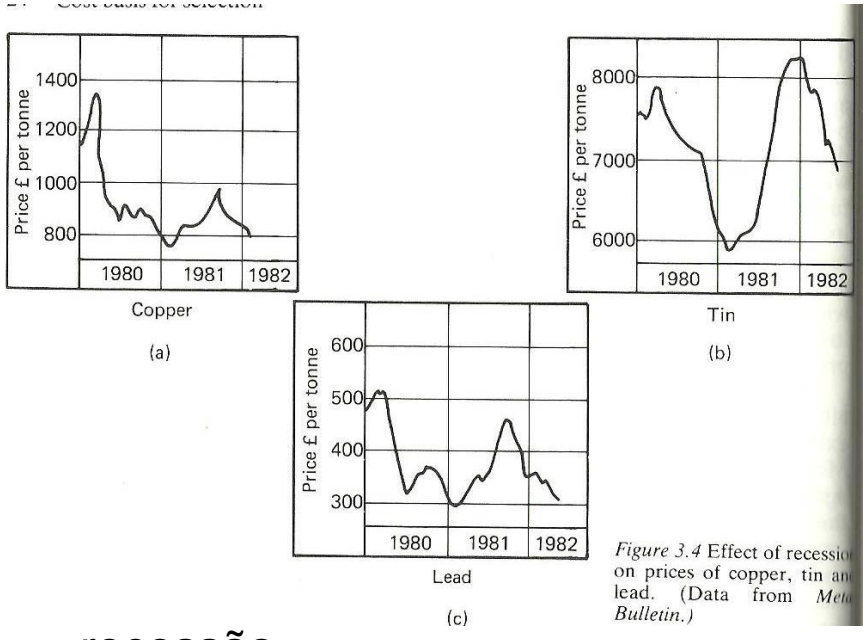


Figure 3.4 Effect of recessio on prices of copper, tin an lead. (Data from *Meta Bulletin.)*

recessão

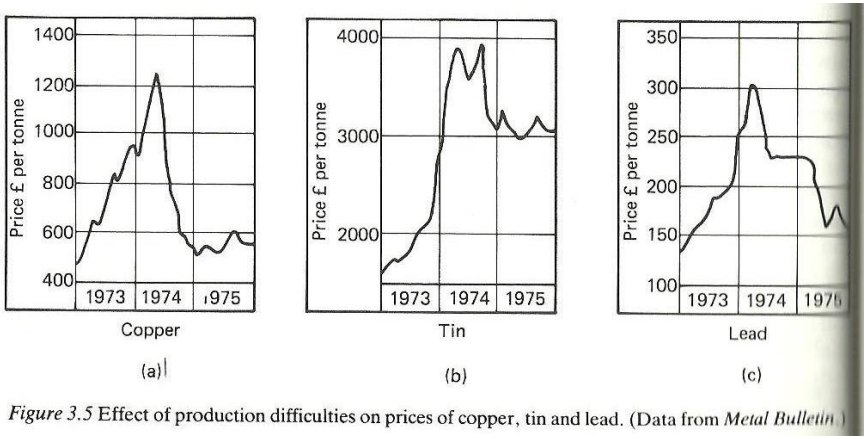
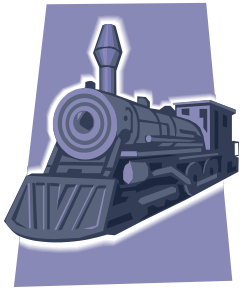


Figure 3.5 Effect of production difficulties on prices of copper, tin and lead. (Data from *Metal Bulletin.*)

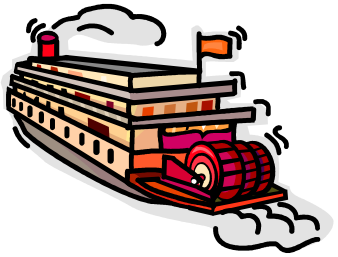
Dificuldades de produção

<u>Para "controlar" esta variações pode-se:</u>

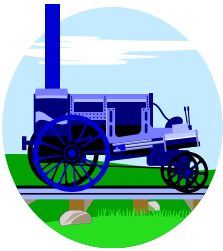
1) Controlar estoques,
2) Substituir o material ex. Cu por Al em fios e trocadores de calor (pode trazer problemas)
3) Diversificar as operações (produtos menos afetados pelas flutuações)



Mercado de commodities
London Metal Exchange



- Surgiu com a revolução industrial -> Inglaterra passou de um exportador para um grande importador de metais (ou minerais) -> fortes flutuações de preço (indesejada)



- Usando o telegrafo podia-se saber quando um navio partia carregado e negociar sua carga antes de sua chegada ao porto (acesso a informação reduzia as flutuações)
- Logo aparece a necessidade de normalização de pureza, formas e tamanho de lotes

Mercado de commodities
London Metal Exchange

- Rapidamente surgiram especuladores (flexibilidade)
- Contratos futuros de compra e venda de metais

Cotações do Mercado de Contratos Futuros dos EUA

Metals Futures prices as of March 29th, 2017 - 12:36 CDT

Nome	Mês	Último	Var.	Abertura	Máxima	Mínima	Hora	Gráfico
Gold	Apr 17	1254.1	-1.5	1250.8	1254.1	1246.9	12:26	Q / C / O
Silver	May 17	18.260	+0.008	18.205	18.260	18.055	12:26	Q / C / O
High Grade Copper	May 17	2.6770	+0.0010	2.6680	2.6870	2.6570	12:26	Q / C / O
Platinum	Jul 17	957.1	-3.6	958.4	960.2	951.5	12:26	Q / C / O
Palladium	Jun 17	789.05	-3.55	790.80	796.00	785.00	12:25	Q / C / O
Gold mini-sized	Jun 17	1256.90	-1.90	1252.80	1256.90	1250.00	12:26	Q / C / O
Silver mini-sized	May 17	18.206	-0.046	18.132	18.215	18.035	12:23	Q / C / O
Iron Ore 62% Fe CFR	Apr 17	81.92	+3.49	81.24	81.92	81.09	10:23	Q / C / O
Aluminum	Apr 17	2028.00	+9.00	0.00	2028.00	2028.00	11:04	Q / C / O
Uranium	Apr 17	24.50s	-0.15	0.00	24.65	24.50	03/28/17	Q / C / O
US Steel Coil	Apr 17	640.00s	-5.00	0.00	640.00	640.00	03/28/17	Q / C / O
Gold Kilo	Apr 17	1257.0s	+0.6	1255.2	1259.3	1250.3	03/28/17	Q / C / O
Zinc CME	Apr 17	2900.00	+50.00	0.00	2900.00	2900.00	11:04	Q / C / O

Efeito da composição e complexidade metalúrgica no preço

(efeito da pureza)

- Uma liga é composta por um metal base “puro” e elementos de liga (metais puros ou portadores de liga)
- A pureza necessária do metal base dependerá do tipo de liga a ser produzida
- Ex.: Al de uso geral X Al para industria aeronáutica

TABLE 3.1. Typical alloy prices (£/tonne 1987)

Aluminium ingots	
99.5% purity	870
99.8% purity	910
99.99% purity	1580
Magnesium ingot	
99.8% purity	2170
LM4 (SAE 326) aluminium diecasting alloy	945
(3 Cu–0.15 Mg–5 Si–0.8 Fe–0.4 Mn)	
LM10 (SAE 324) aluminium–magnesium casting alloy	1650
(0.1 Cu–10 Mg–0.25 Si–0.3 Fe)	

Diferença na pureza necessária

Quanto mais puro mais caro

Necessidade de Si<0,25% para evitar fragilização pela formação de Mg_2Si (Al>97,7%)

Efeito da composição e complexidade metalúrgica no preço

(Custo do elemento de liga)

- A liga pode ser mais cara ou mais barata que o metal base
  - Aço criogênico com 9% Ni é mais caro que o aço carbono

0,91*210= 191

0,09*2470= 222

413

  - Latão é mais barato que o Cu

Custo de metais e ligas em libras/ton em 1987	
Aço Carbono	210
Aço 9% Ni	600
Ni	2470
Barra de Cu	930
Latão (65/35)	820
Zn	530

- Fatores de produção
  - Ex: elemento de liga com forte tendência de oxidação exige processo de fusão mais caros (Custo de fabricação da liga)

Efeito da composição e complexidade metalúrgica no preço
(Custo de fabricação da liga)

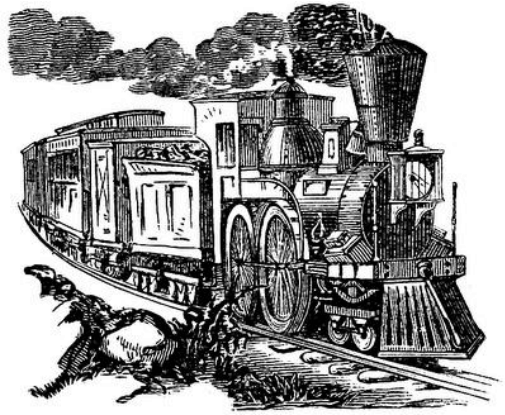
- Ligas de Al:

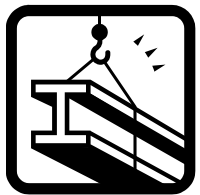
Custo de ligas de Al libras/ton em 1987	
5083 Al-4,5%Mg	1845
2024 Al-4,5%Cu-1,5%Mg	2375
7075 Al-5Zn-3Cu-1,5Mg	2420

- As diferenças de preço não se justificam somente pela quantidade e custo dos elementos de liga -> complexidade metalúrgica
  - 5083 -> endurecimento por solução sólida
  - 7075 -> endurecimento por precipitação -> aplicações críticas (um dos mais usados na estruturas de avião)
    - Rejeição na produção pode chegar a 60% -> custos de produção
- Efeito de escala
  - Diferença de custo entre pequenos lotes e grandes lotes pode ser muito grande
  - Para pequenos lotes custos administrativos e de entrega são elevados

Custo do valor agregado

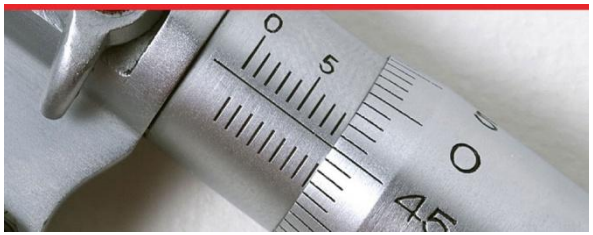
- Fabricante compra um material em uma forma desejada e vende em outra
  - Na realidade, ele vende o valor agregado na passagem do material pela fabrica
    - Custo variável -> mão de obra + energia + know-how + supervisão
    - Custos fixos -> despesas de manutenção da fábrica + lucro
- Quanto mais o material é alterado maior o valor agregado
- Ex: Custo de fabricação de vigas de forma complexa e chapas finas recozidas em aço carbono pode ser equivalente ao custo do aço usado na fabricação





Custo do valor agregado

- Precisão dimensional também é valor agregado



- Tratamento térmico pode gerar distorções e custos (rejeição ou retrabalho)
- Necessidade de controle da qualidade rígido -> também é valor agregado (Relacionado também com a marca, confiabilidade)

Controle de estoque

- Manter estoque é manter capital parado (investimento não remunerado)

- Quanto menor o número de materiais mais fácil o gerenciamento de estoque, maiores os lotes comprados (menor custo) e mais fácil de dominar a fabricação (Plataformas na industria automotiva)

- Perigo em usar materiais com mesma aparência e propriedades muito diferentes (cuidado no estoque, usar identificação clara-> cores, formas, etc.)

É importante lembrar

- Diferença entre produto com projeto orientado por desempenho e por custo e suas limitações
- Entender o que é custo em um sentido mais amplo