



Gestão de Estoques

Logística



Prof. Dr. Claudio Barbieri da Cunha
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia de Transportes

março de 2014

Finalidades do estoque

- **Melhorar/garantir nível de serviço**
 - Proteção contra falta, agilizar reposição
- **Racionalizar processos na cadeia**
 - produção: lotes econômicos, diminuir *set-up*
 - compras e transporte: economias de escala
- **Proteções contra oscilações não previsíveis**
 - preços
 - demanda (sazonalidade)
 - tempos (*lead times*)
- **Proteção contra contingências**
 - risco de desabastecimento

Como você gerencia seu estoque de

- Leite
- Frutas
- Biscoitos
- Combustível para o carro
- Papel higiênico
- Dinheiro em espécie

- **EM OUTRAS PALAVRAS....**
- Quando comprar?
- Quanto comprar?

O que você considera na sua decisão?

- Custo da falta
- Custo de ir comprar
- Custo de manter e armazenar
- Descontos no preço
- Quanto você consome
- Incerteza quanto ao consumo e a encontrar o item
- O que acontece se faltar?

Estoque: custos relacionados

- **Aquisição (obtenção) - pedido**

- Emissão do pedido
- Processamento interno e transmissão do pedido ao fornecedor
- Transporte
- Recepção, inspeção e manuseio do material

- **Manutenção do estoque**

- armazenagem (espaço físico) e controle (rastreamento)
- capital imobilizado
- riscos (deterioração, obsolescência)
- seguros e taxas (furto, incêndio, ...)

- **Falta**

- Vendas perdidas
- Atrasos
- Multas
- Reprogramação da Produção

Objetivos de um Sistema de Estoques

DEFINIR:

- ✓ *QUANDO COMPRAR?*
- ✓ *QUANTO COMPRAR? (LOTE)*

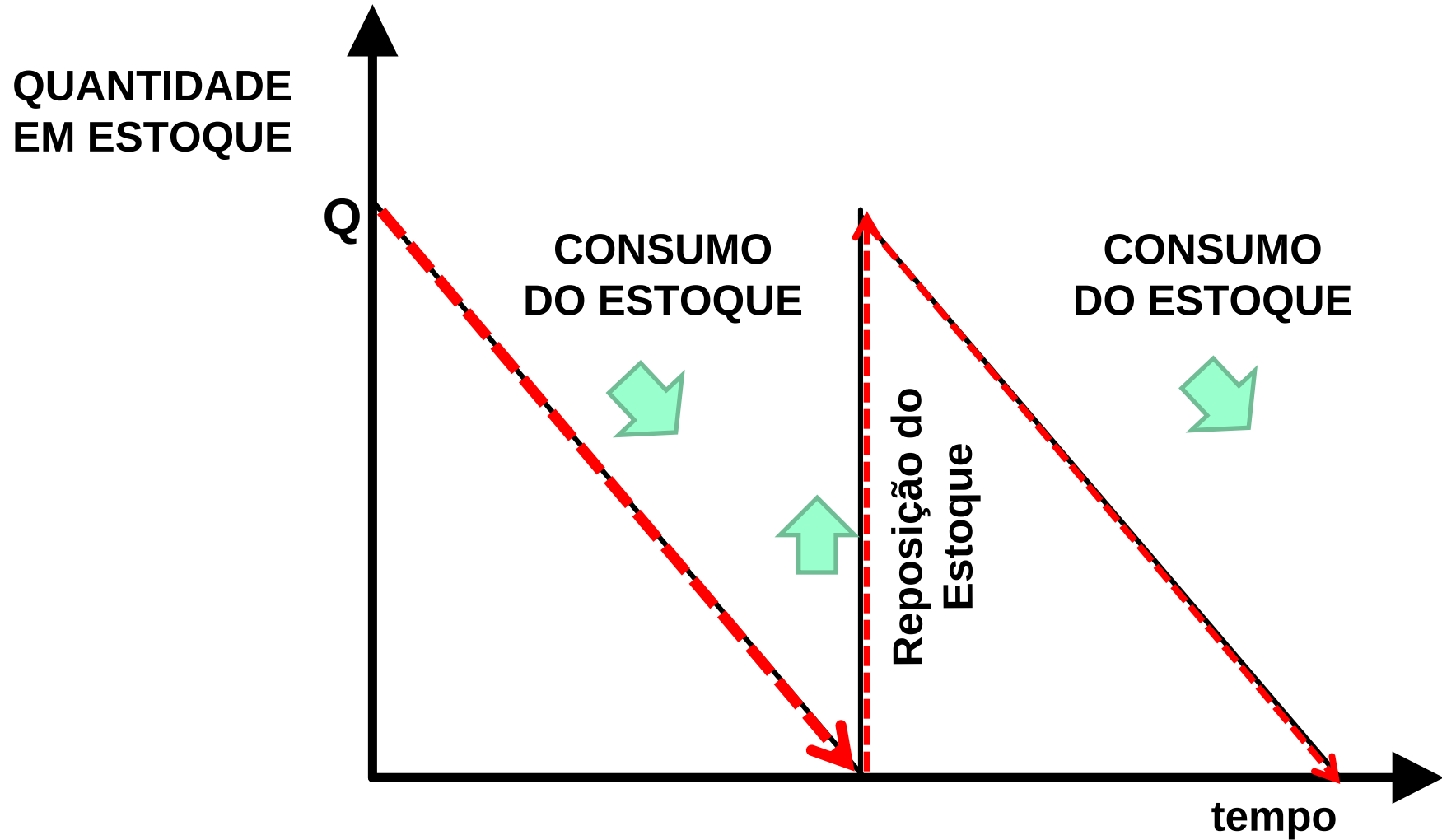
BUSCANDO MINIMIZAR:

- ✓ ***FALTAS***
 - pela não existência do item solicitado para entrega imediata ou não atendimento de data confirmada para entrega.
- ✓ ***ATRASOS ou TEMPO DE ENTREGA***
 - dos itens indisponíveis no sistema no ato da venda ou na data confirmada para entrega.
- ✓ ***ESTOQUES*** do sistema global.

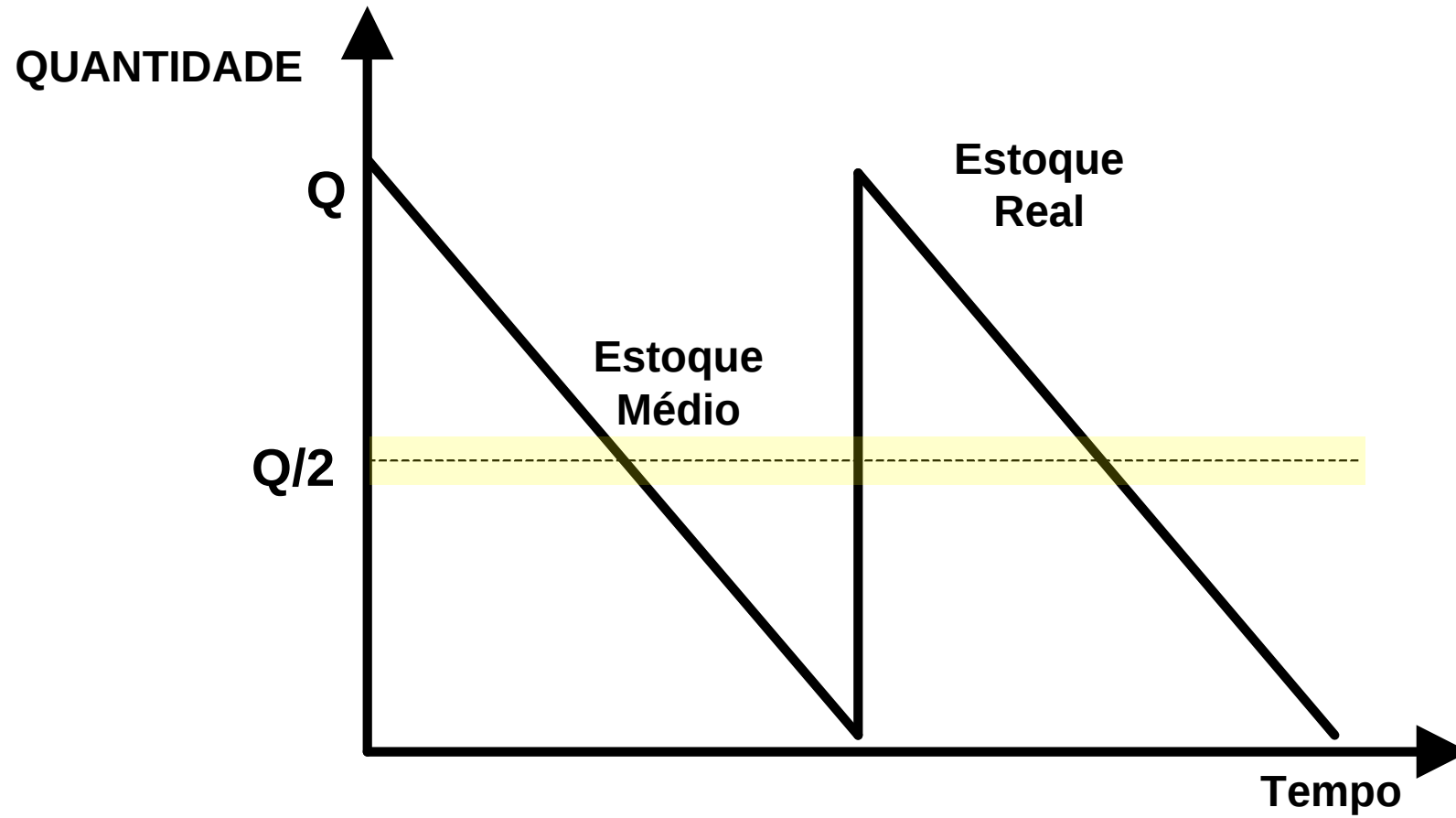
Fatores Fundamentais para a decisão sobre estoques

- Custos
- Demanda Futura
- Tempo para ressuprimento (*lead-time*)
- Nível de Serviço desejado

Comportamento do estoque



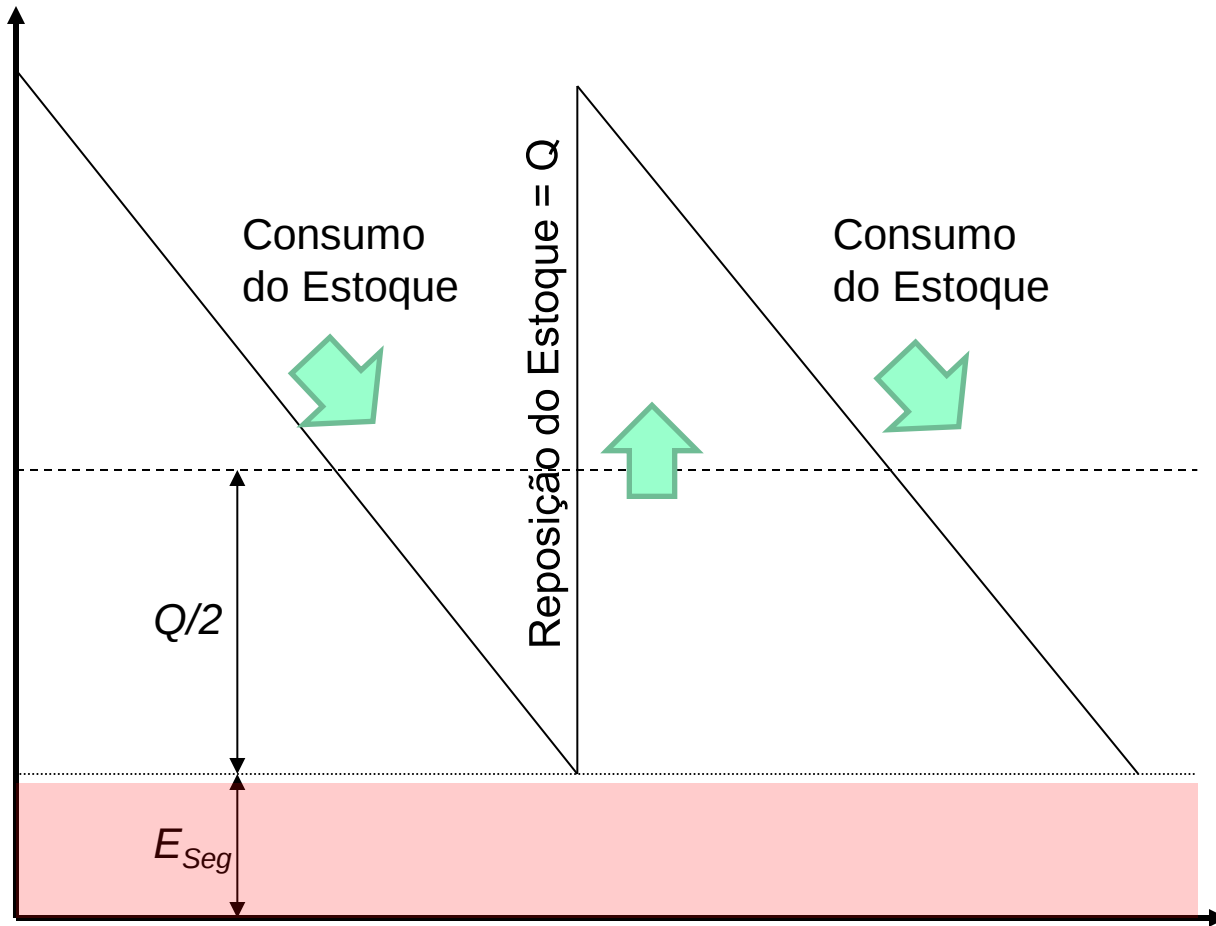
Estoque Médio



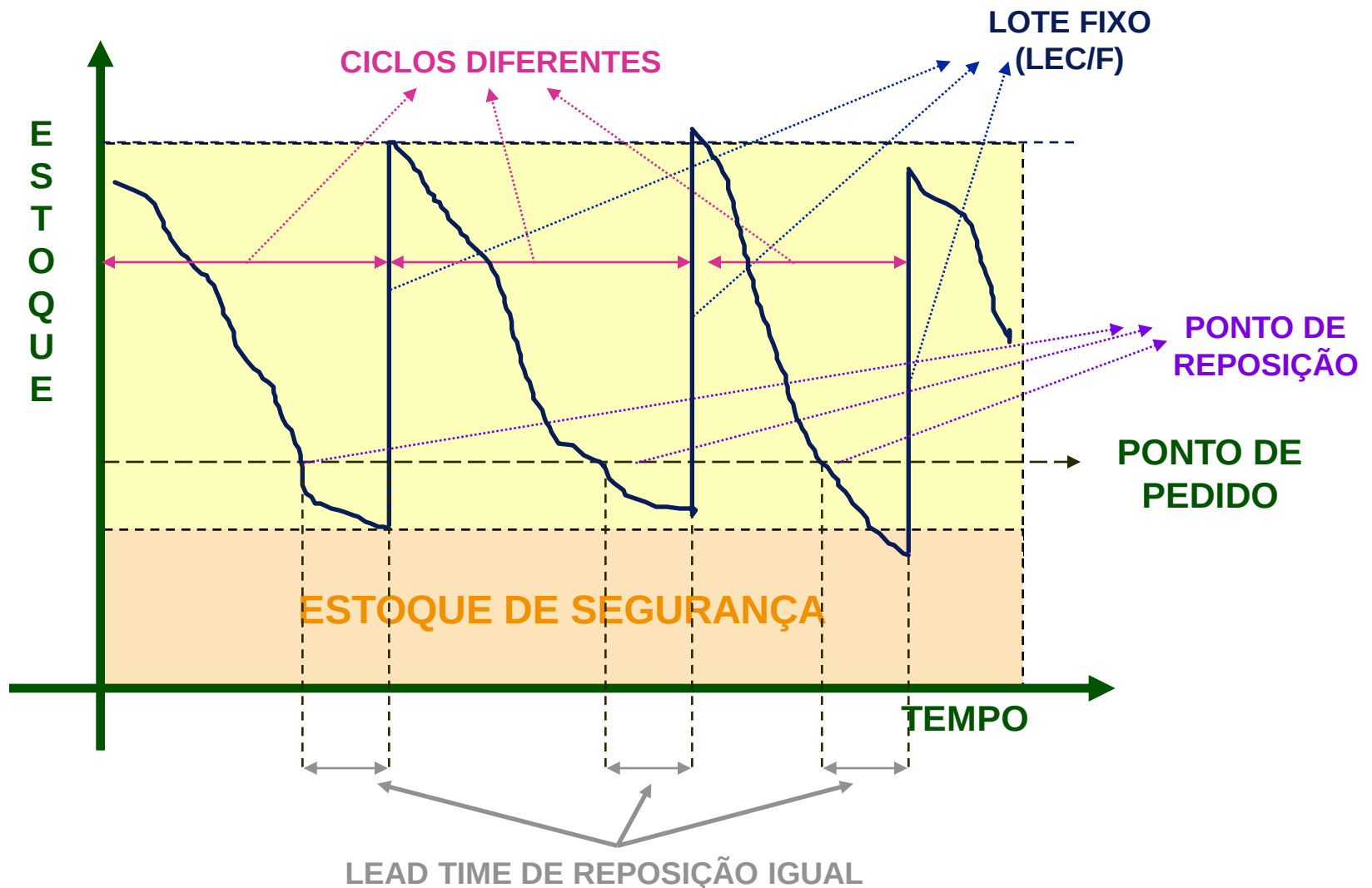
Estoque de segurança

- **Estoque adicional que empresas mantêm em seus armazéns, necessário para evitar faltas de estoque diante da variabilidade da demanda e da incerteza e erros de previsão da demanda e do ressuprimento do produto (atrasos)**
- **O estoque de segurança implica em maior área e capacidade para armazenagem e além de maior capital para o investimento em estoque.**

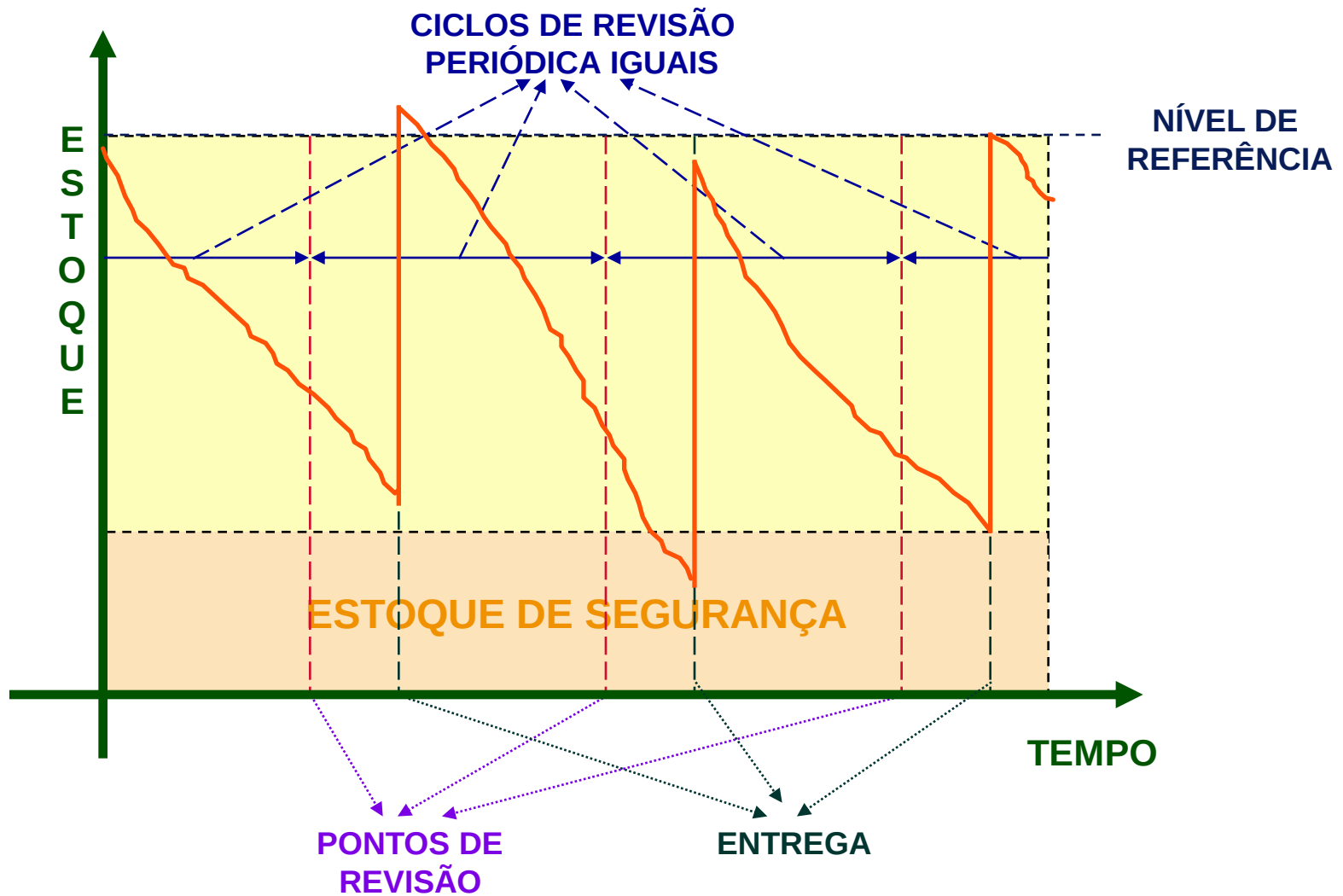
Estoque Médio e de segurança



SISTEMA DE REVISÃO CONTÍNUA



SISTEMA DE REVISÃO PERIÓDICA



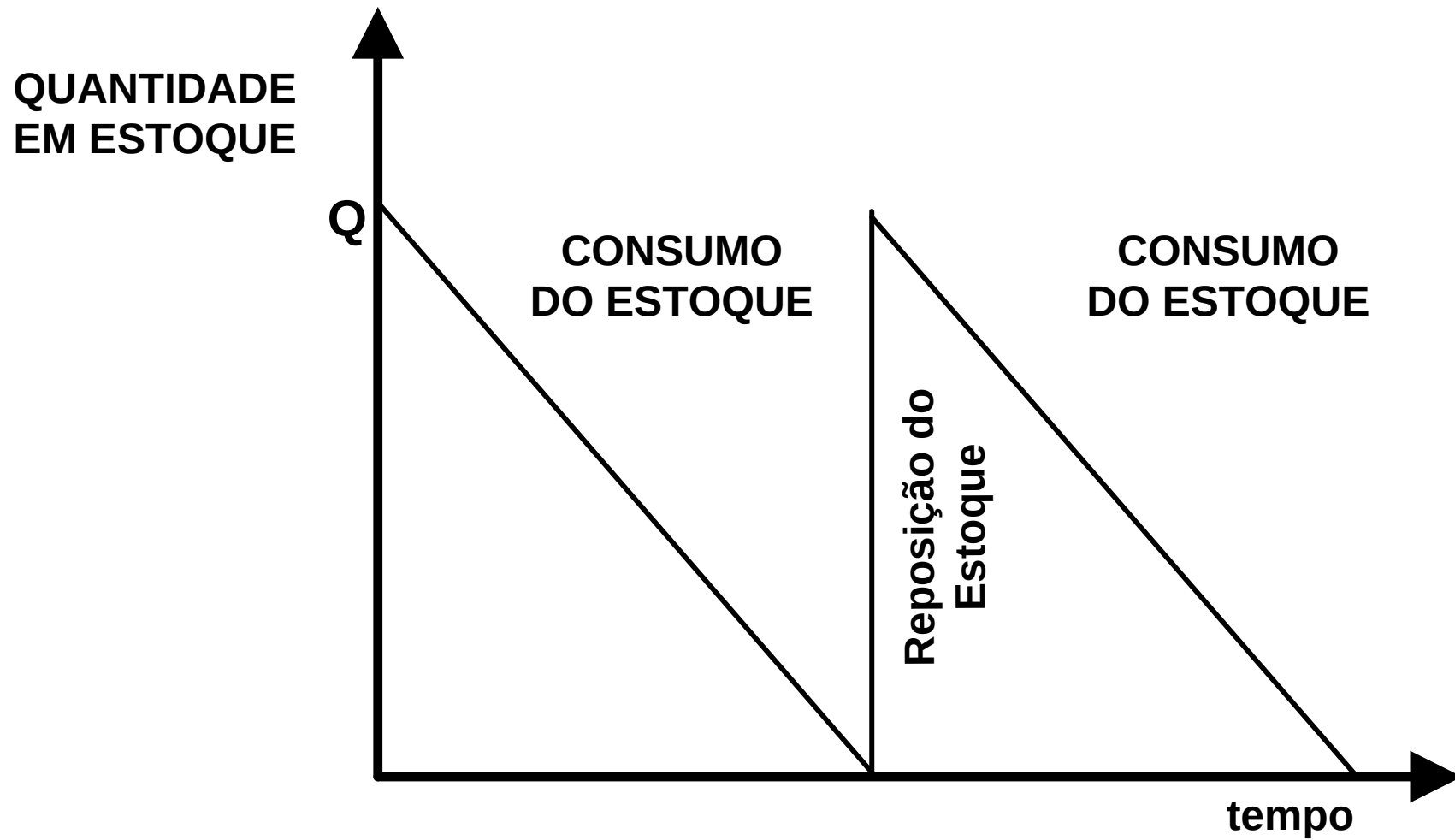
Métodos de controle de estoques

- **Estoque empurrado (“push”)**
 - Estoque gerado/movimentado com base em previsão / expectativa da demanda esperada
 - Quanto vai vender?
 - Quanto vai consumir?
 - Lotes de produção são maiores que necessidades imediatas
 - não perecíveis
- **Estoque puxado (“pull”)**
 - Estoque gerado / movimentado com base na demanda ou em pedidos
 - produtos perecíveis, sazonais
 - Exemplo: *Dell Computers*

Modelo do Lote Econômico

- Também conhecido como
EOQ = *Economic Order Quantity*
- Determina o tamanho do lote Q de compra (qto comprar)
- Procura minimizar a soma dos custos envolvidos no estoque
- **Leva em conta os seguintes custos**
 - Custo do estoque do item (quanto maior o lote maior o custo)
 - Custo do pedido (a cada pedido está associado um custo de pedido)

Conceito de Lote de Compra



Lote Econômico Q^*

Modelo EOQ – *Economic Order Quantity*

- **Dados**

D = Demanda (consumo) por período (unid/t)

S = custo por pedido (\$/pedido)

C = custo unitário do item (\$/unid)

I = custo de manutenção de estoque por período (% de C)

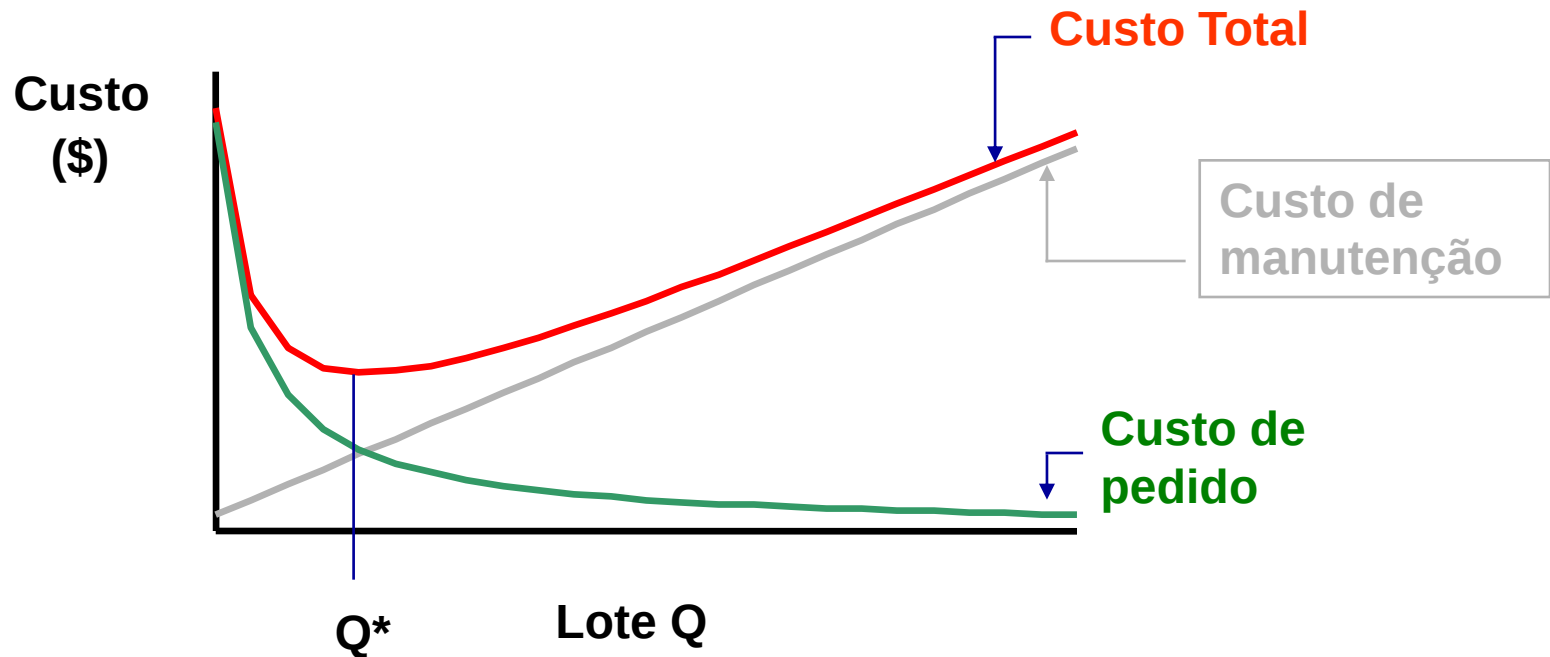
Q = tamanho (ou quantidade) do lote de compra

$$\text{Custo da Compra} = D * C$$

$$\text{Custo de Pedido} = \frac{D}{Q} * S$$

$$\text{Custo do Estoque} = \frac{Q}{2} * I * C$$

Modelo do Lote Econômico EOQ (custo mínimo)



Lote econômico de compra = Q^*

Lote Econômico Q^*

Modelo EOQ – *Economic Order Quantity*

- **Mínimo custo total de estoque**

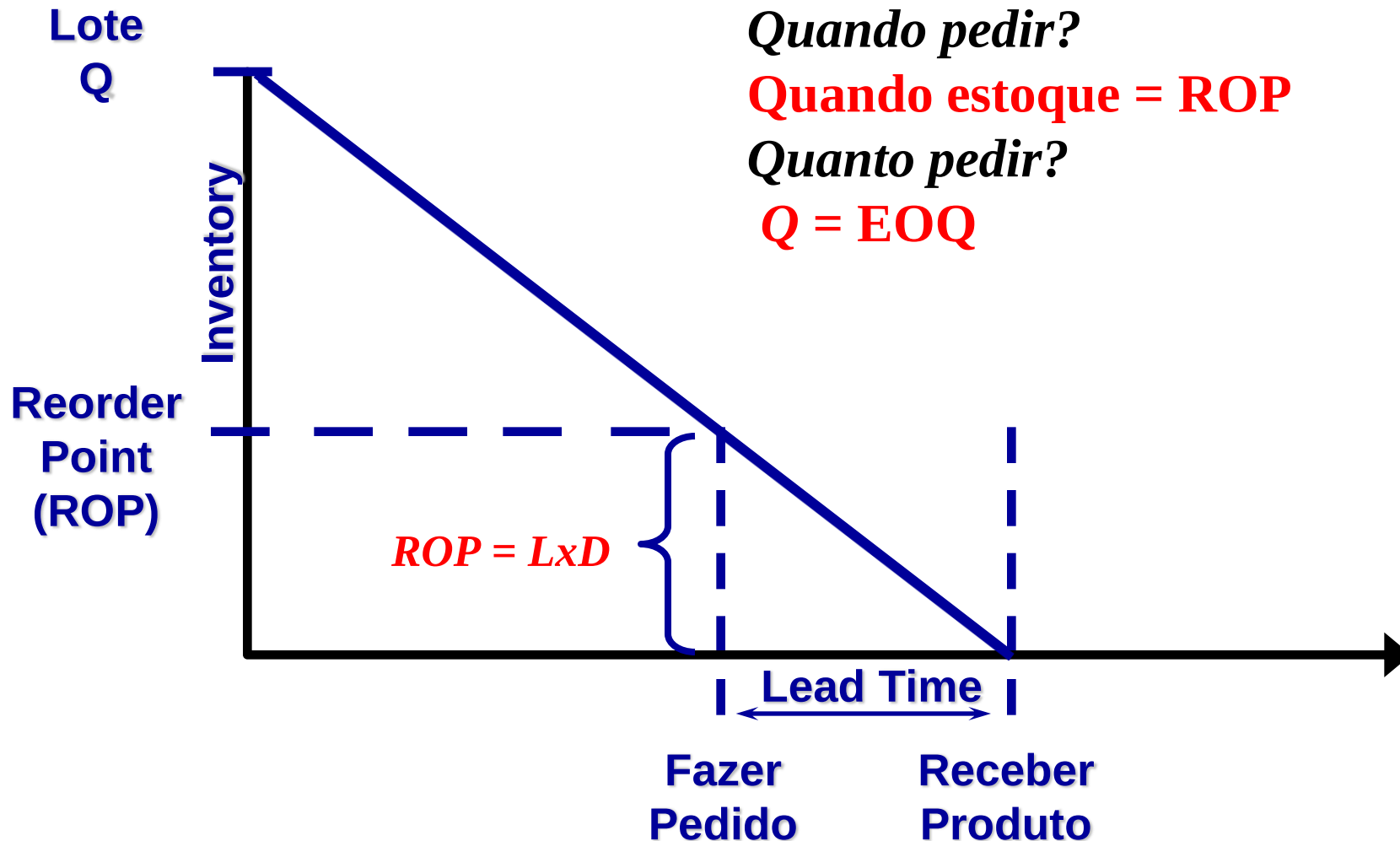
$$CT = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}IC$$

$$\frac{\partial CT}{\partial Q} = 0 \Rightarrow Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{IC}}$$

- **Ponto de Pedido (ROP = Reorder Point)**

$$ROP = \left(\begin{array}{c} \text{Demanda} \\ \text{Diária} \end{array} \right) \left(\begin{array}{c} \text{Lead time do} \\ \text{pedido em dias} \end{array} \right)$$

Representação gráfica



Lote Econômico Q^*

Modelo EOQ – *Economic Order Quantity*

- **Intervalo ótimo entre pedidos**

$$T^* = \frac{Q^*}{D}$$

- **Nº de pedidos no período**

$$N^* = \frac{D}{Q^*}$$

- **Ponto de Pedido (ROP = *reorder point*)**

$$ROP = D \times LT$$

Exemplo: Calcular o lote econômico

Demanda anual (D): 2.400 unidades

Preço unitário (C): \$ 50/un.

Custo de manutenção de estoque (I): 20% a.a.

Custo de um pedido (S): \$ 200/pedido

lead-time: 12 dias

Ano operacional: 240 dias

Exemplo: lote econômico

Demanda anual (D): 2.400 un.

Preço unitário (C): \$ 50/un.

Custo de manutenção(I): 20% a.a.

Custo de um pedido(S): \$ 200/pedido

lead-time: 12 dias

Ano operacional: 240 dias

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times 200 \times 2400}{0,20 \times 50}} = \\ = \sqrt{96000} = 310 \text{ un.}$$

Estoque médio:

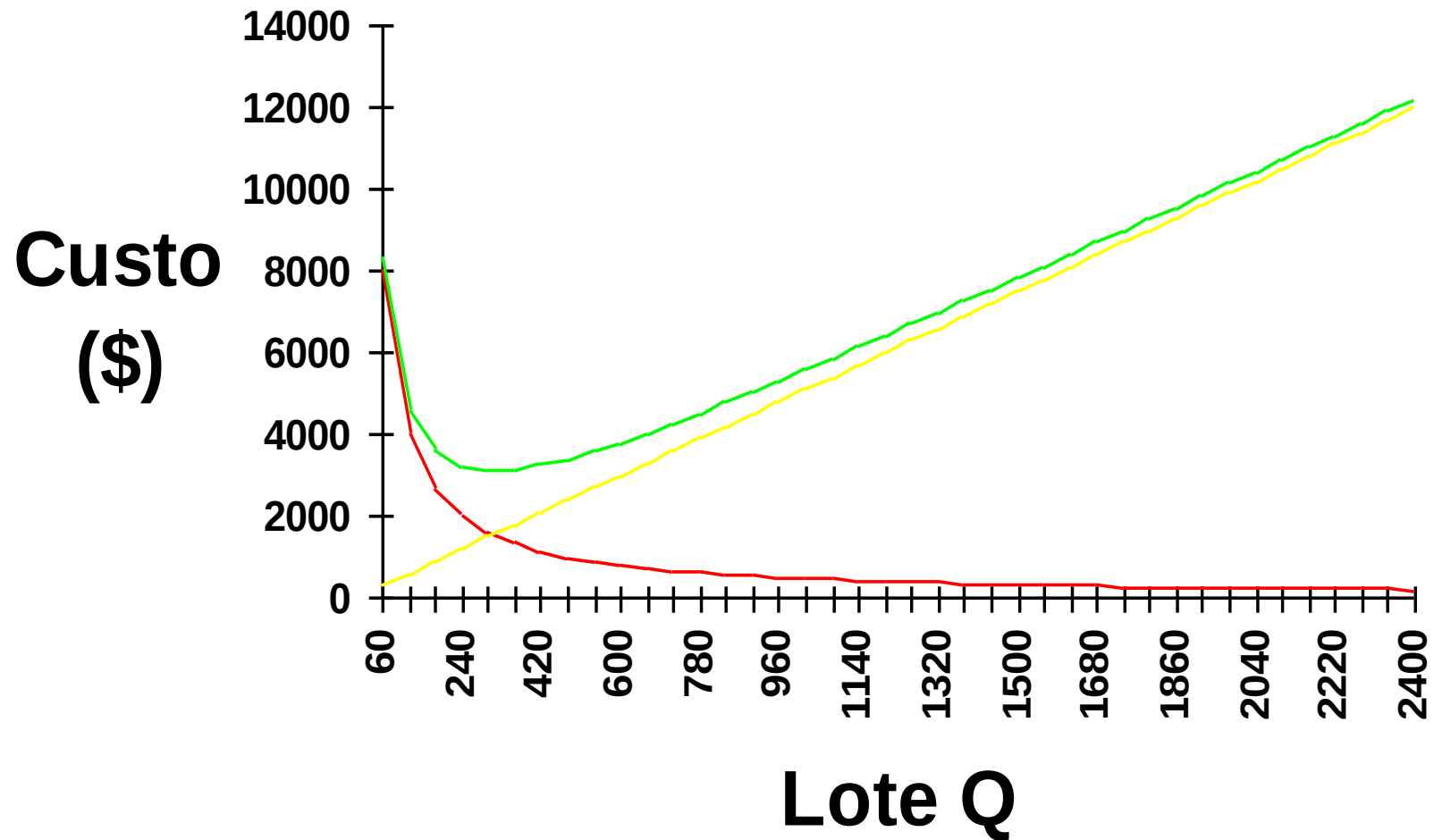
$$EM = 0,5 Q^* = 150 \text{ un.}$$

$$Q^* = 300 \text{ un. (arredondado)}$$

$$D = 2400 / 240 = 10 \text{ unid/dia}$$

$$ROP = 10 * 12 \text{ dias} = 120 \text{ un.}$$

Exemplo: lote econômico



Restrições ao Modelo de Lote Econômico

- **Variações nos valores de frete**
 - fretes unitários podem variar
 - descontos por volume
- **Descontos de preço para grandes compras**
- **Outros ajustes**
 - lote econômico de produção
 - múltiplos itens na compra
 - limitações de orçamento

Exemplo com desconto progressivo

- Empresa do setor de suplementos vitamínicos com venda pela internet.
- **Compra vitaminas de um laboratório**
 - Demanda (D) = 10 mil frascos por mês
- **Custo por pedido (S) = \$100**
- **Custo de manutenção de estoque (I) = 20% ao ano**
- **Preço do produto (C) com desconto por quantidade:**

Quantidade pedida (frascos)	Preço Unitário (\$/frasco)	% Desconto
0 - 5000	3,00	0,0%
5001 - 10000	2,96	1,3%
> 10000	2,92	2,7%

- **Qual o tamanho do lote econômico?**

Método de cálculo para preço com desconto

- Calcular o lote econômico (Q) para cada faixa de desconto através da fórmula

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{IC}}$$

- Se o valor do lote resultar dentro da faixa de desconto (por exemplo, 0 – 5000), OK.
- Caso contrário, ajustar o lote para o extremo da faixa mais próximo
- Calcular o custo total anual para cada faixa

$$CT = \left(\frac{D}{Q}\right) \times S + \left[I \times C \times \left(\frac{Q}{2}\right) \right] + D \times C$$

- Selecionar a faixa de desconto correspondente ao de menor custo total

Resolução

Demanda	D=	120000 frascos/ano
Custo de Pedido	S=	100 \$/pedido
Custo manut estoque	I=	20% ao ano

Cálculos

Quantidade pedida (frascos)	Lote Econômico (Q)	Lote Econômico Corrigido (Q')	Custo Pedido (D/Q')S	Custo de Manut Estoque (ICQ/2)	Custo de Aquisição (DC)	Custo Total	
0 - 5000	6.324,6	5.000	2.400	1.500	360.000	363.900	
5001 - 10000	6.367,1	6.367	1.885	1.885	355.200	358.969	
> 10000	6.410,6	10.000	1.200	2.920	350.400	354.520	ótima

Previsão de Demanda

- **Conhecer a demanda futura é fundamental para a gestão de estoques**
- **Parte da demanda futura é previsível**
 - Há regularidade (média constante)
 - Pode haver tendência (crescimento ou redução)
 - Pode haver sazonalidade
- **Parte da demanda futura é imprevisível**
 - Variações erráticas, irregulares, sem previsão
 - Estoque tem função de segurança contra desabastecimento

Tipos de demanda

- **Demanda dependente**

- Demanda de itens ou componentes utilizados na produção final de algum produto
- Por exemplo, pneus de carros numa montadora

- **Demanda independente**

- Demanda de produtos finais vendidos ou comercializados
- Por exemplo, carros, TVs, computadores, etc



Métodos de Previsão de Demanda

- **Temporais: baseados em série histórica**
 - Há regularidade (média constante)
 - Pode haver tendência (crescimento ou redução)
 - Pode haver sazonalidade
- **Causais ou Explicativos: baseados em variáveis explicativas**
 - Conseguem tentar prever parcela da demanda imprevisível
 - Variações erráticas, irregulares, sem previsão
 - Exemplo: previsão de consumo de cerveja ou sorvete em função do tempo (meteorologia), dos feriados, etc.

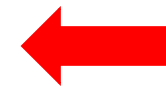
Modelos de Previsão de Demanda Baseados em Série Histórica

- **Utiliza dados do passado para prever o futuro**
- **Média Móvel**
- **Suavização Exponencial**
 - Simples
 - Com tendência
 - Com sazonalidade
 - Com tendência e sazonalidade

Média Móvel para Previsão de Demanda

- A demanda futura de um período t (semana, mês) é dada pela média das demandas de x períodos (semanas, meses) anteriores a t
- A cada período t , a média muda (por isso chama-se média móvel ou corrida)
- Exemplo:

Semana	Venda	Média Móvel)
1	103	
2	94	
3	92	
4	101	
5	107	97,5
6	95	98,5
7	94	98,8
8	91	99,3
9	102	96,8
10	105	95,5


$$\frac{103 + 94 + 92 + 101}{4}$$

Suavização Exponencial Simples

- **Ponderação entre a demanda real e a previsão para o período anterior**
- **Previsão para o próximo período $t+1$ =**
 - **$\alpha(\text{demanda real para } t) + (1 - \alpha)\text{previsão para } t$**

$$F_{t+1} = \alpha A_t + (1 - \alpha)F_t$$

F_{t+1} = previsão para o período $t+1$

A_t = demanda real (ocorrida) no período t

F_t = previsão para o período t

α = constante de suavização (amacramento) exponencial

Suavização Exponencial com correção de tendência

- **Incorpora fator que procura levar em conta tendência da série histórica:**
 - Crescimento
 - Declínio

Suavização Exponencial com correção de tendência

$$F_{t+1} = S_{t+1} + T_{t+1}$$

$$S_{t+1} = \alpha A_t + (1 - \alpha)F_t$$

$$T_{t+1} = \beta(S_{t+1} - S_t) + (1 - \beta)T_t$$

F_{t+1} = previsão com correção de tendência para o período $t+1$

A_t = demanda real (ocorrida) no período t

F_t = previsão com correção de tendência para o período t

T_t = tendência para o período t

α = constante de suavização (amaciamento) exponencial

β = constante ponderada de tendência

Exemplo

$\alpha = 0,20$

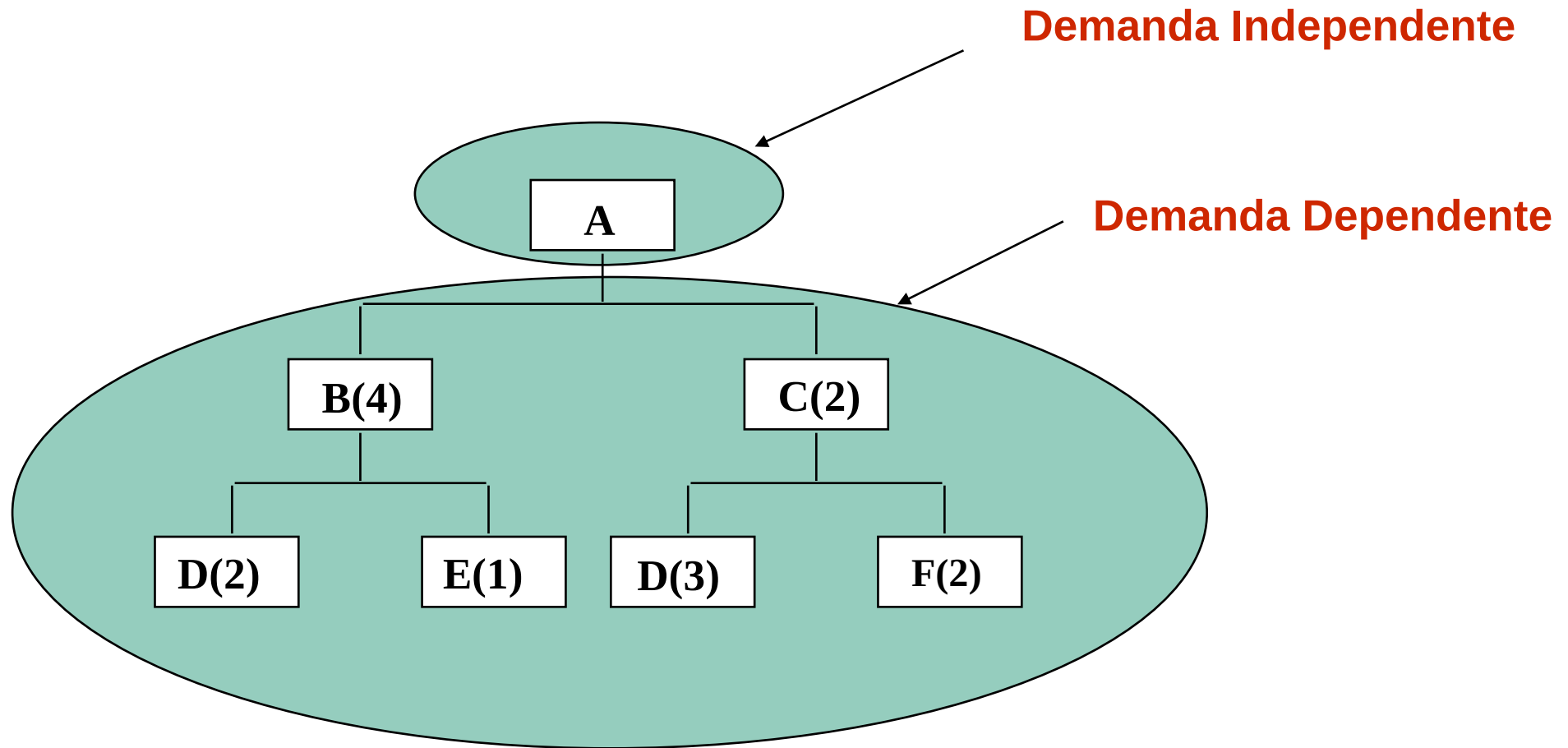
		Ajuste Exponencial			
Semana	Venda	Média Corrida	Desvio	Ft	Desvio
1	103			103,00	
2	94			103,00	
3	92			101,20	
4	101			99,36	
5	107	97,5		99,69	
6	95	98,5		101,15	
7	94	98,8		99,92	
8	91	99,3		98,74	
9	102	96,8	-5,25	97,19	-4,81
10	105	95,5	-9,50	98,15	-6,85
11	110	98	-12,00	99,52	-10,48
12	95	102	7,00	101,62	6,62
13	92	103	11,00	100,29	8,29
14	106	100,5	-5,50	98,63	-7,37
15	99	100,8	1,75	100,11	1,11
16	91	98	7,00	99,89	8,89
17	106	97	-9,00	98,11	-7,89
18	97	100,5	3,50	99,69	2,69
19	109	98,3	-10,75	99,15	-9,85
20	93	100,8	7,75	101,12	8,12
21	105	101,3	-3,75	99,50	-5,50
22	100	101	1,00	100,60	0,60
23	95	101,8	6,75	100,48	5,48
24	101	98,3	-2,75	99,38	-1,62

$\alpha = 0,1$

$\beta = 0,2$

Ajuste Exponencial com Tendência			
St	Tt	Ft	Desvio
103,00	0,00	103,00	
103,00	0,00	103,00	
102,10	-0,18	101,92	
100,93	-0,38	100,55	
100,59	-0,37	100,23	
100,90	-0,23	100,67	
100,10	-0,35	99,75	
99,18	-0,46	98,72	
97,95	-0,62	97,33	-4,67
97,80	-0,52	97,27	-7,73
98,05	-0,37	97,68	-12,32
98,91	-0,12	98,79	3,79
98,41	-0,20	98,21	6,21
97,59	-0,32	97,27	-8,73
98,14	-0,15	97,99	-1,01
98,09	-0,13	97,97	6,97
97,27	-0,27	97,00	-9,00
97,90	-0,09	97,82	0,82
97,73	-0,10	97,63	-11,37
98,77	0,12	98,89	5,89
98,30	0,01	98,31	-6,69
98,98	0,14	99,12	-0,88
99,21	0,16	99,36	4,36
98,93	0,07	99,00	-2,00

MRP – *Material Requirement Planning*

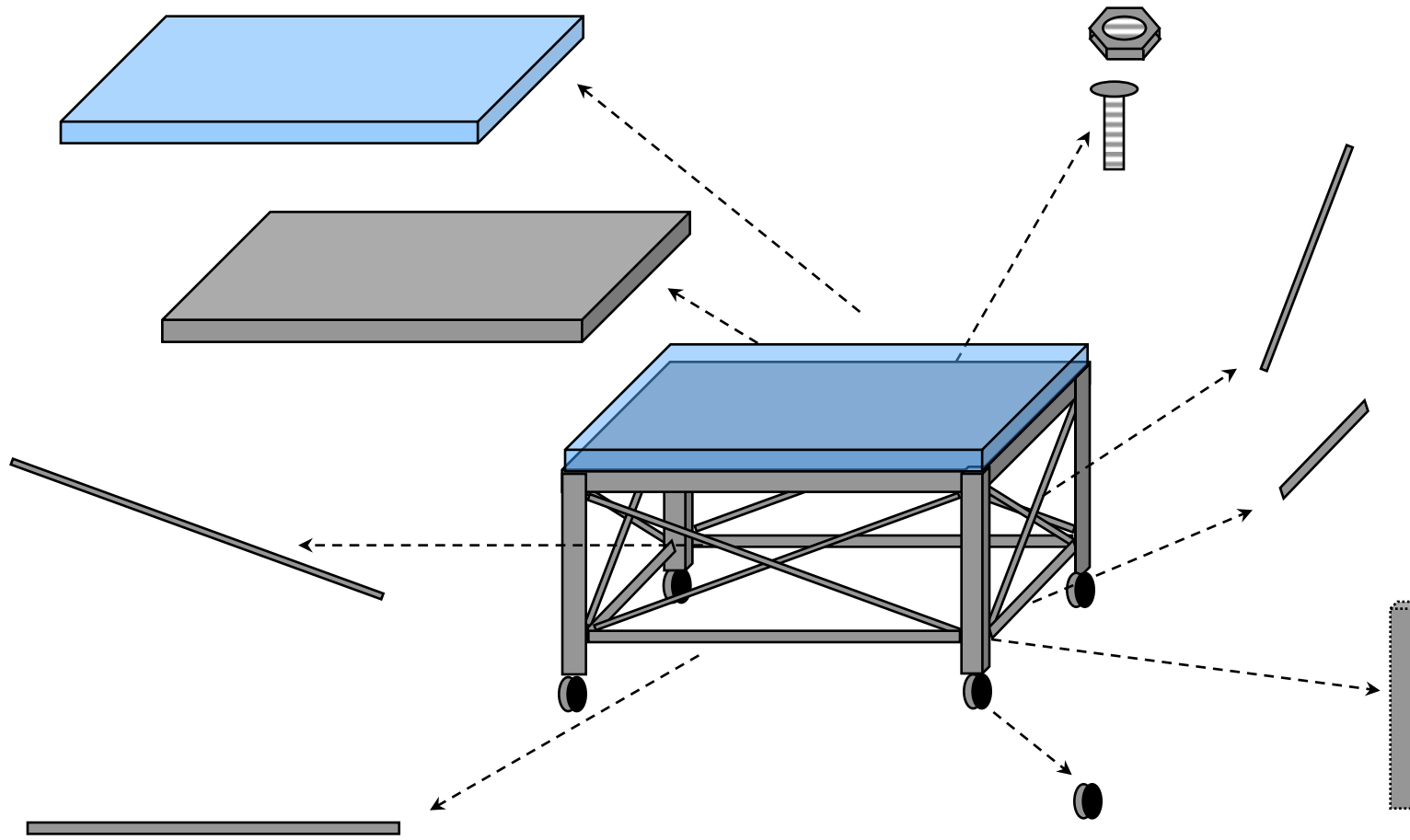


**Demanda independente apresenta incertezas.
Demanda dependente pode ser determinada com “mais” certeza**

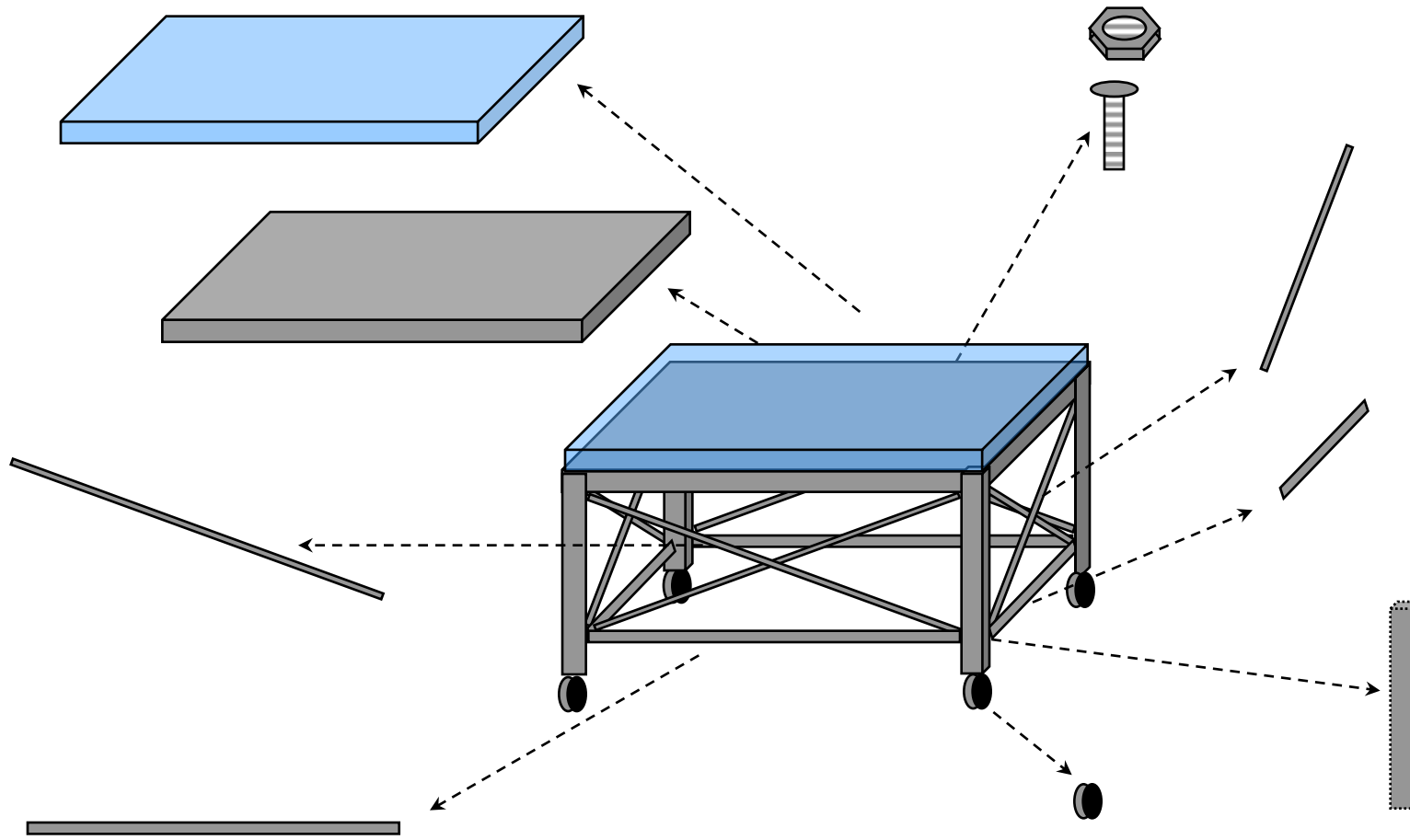
Demanda Dependente

- **Demanda de componentes ou itens que são montados e utilizados na produção dos produtos finais.**
- **Uma vez que a demanda independente seja conhecida, a demanda dependente pode ser determinada.**
- **Exemplos**
 - Automóveis
 - Aviões
 - Computadores
 -

Estrutura de Produtos (*Bill-Of-Materials* BOM)

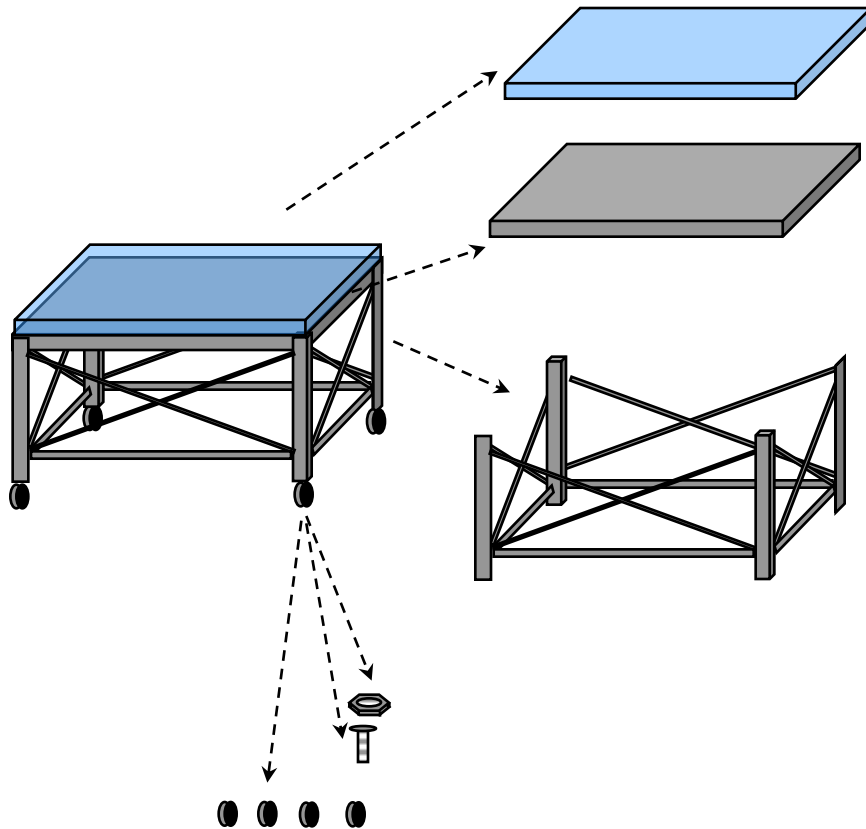


Estrutura dos Produtos (Bill-Of-Materials BOM)



Estrutura dos Produtos (BOM)

BOM com um só nível



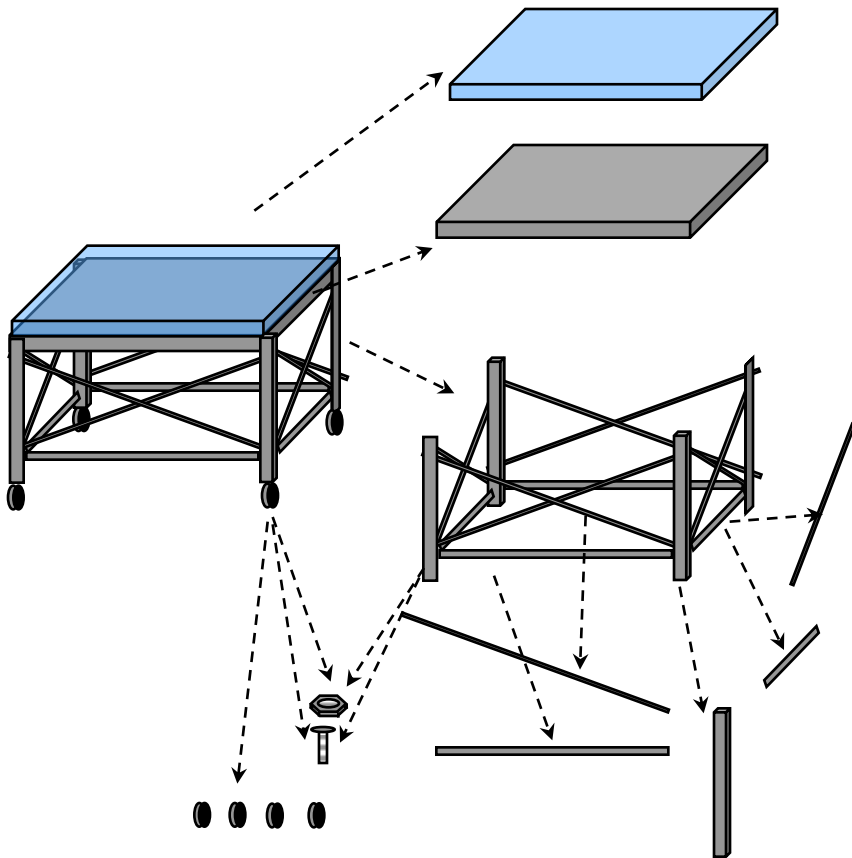
Peça nºM012: Mesa com rodas

Nº da peça	Descrição	Quant.	Unidades
3011	Tampo acrílico	1	unid
3012	Tampo metálico	1	unid
2050	Estrutura base	1	unid
5010	Roda tipo metálico	4	unid
1001	Parafuso aço M6	4	unid
1011	Porca aço M6	4	unid
9001	Tinta	1	¼ litro

Apontador para outro subconjunto

Estrutura dos Produtos (BOM)

BOM com vários níveis

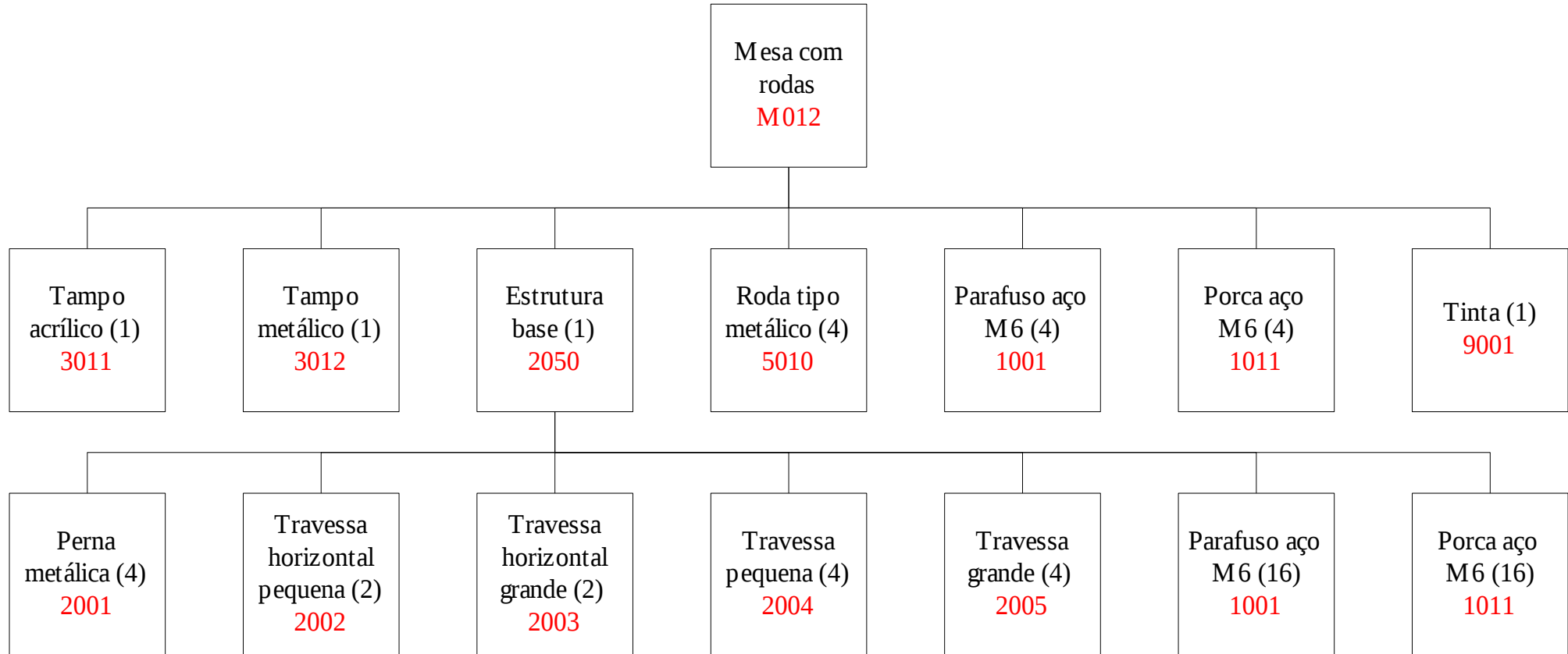


Peça nºM012: Mesa com rodas

Nº da peça	Descrição	Quant.	Unidades	Nível
3011	Tampo acrílico	1	unid	1
3012	Tampo metálico	1	unid	1
2050	Estrutura base	1	unid	1
2001	Perna metálica	4	unid	2
2002	Travessa hor. peq	2	unid	2
2003	Travessa hor. gra.	2	unid	2
2004	Travessa peq.	4	unid	2
2005	Travessa gra.	4	unid	2
1001	Parafuso aço M6	16	unid	2
1011	Porca aço M6	16	unid	2
5010	Roda tipo metálico	4	unid	1
1001	Parafuso aço M6	4	unid	1
1011	Porca aço M6	4	unid	1
9001	Tinta	1	¼ litro	1

Estrutura dos Produtos (BOM)

BOM com vários níveis



MRP

Exemplo - dados

Nº da peça	Descrição	Quant.	Unidades	Disponib Estoque	Prazo entrega (sem)
M012	Mesa com rodas			3	1
3011	Tampo acrílico	1	unid	10	2
3012	Tampo metálico	1	unid	12	1
2050	Estrutura base	1	unid	3	1
5010	Roda tipo metálico	4	unid	100	1
1001	Parafuso aço M6	4	unid	1000	0
1011	Porca aço M6	4	unid	1000	0
9001	Tinta	1	¼ litro	1000	1

Exemplo - explosão do Plano Director da Produção

Quantidades necessárias

[illegible]

MRP

Exemplo - produção por lotes

Semana atual - semana 27

Semana	28	29	30	31	32	33	34	35	Tot
M012 (p.e.=1)									
Nec. brutas	1	2	3	0	4	1	3	2	16
Disponibilid (3)	2	0	-3	-3	-7	-8	-11	-13	3
Nec líquidas	0	0	3	0	4	1	3	2	13
Ordens planejadas	0	10	0	0	0	10	0	0	20
3011 (p.e.=2)									
Nec. brutas	0	10	0	0	0	10	0		20
Disponibilid (10)	10	0	0	0	0	-10	-10		10
Nec líquidas	0	0	0	0	0	10	0		10
Ordens planejadas	0	0	0	20	0	0	0	0	20
5010 (p.e.=1)									
Nec. brutas	0	40	0	0	0	40	0		80
Disponibilid (100)	100	60	60	60	60	20	20		100
Nec líquidas	0	0	0	0	0	0	0		0
Ordens planejadas	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Quantidades necessárias

Lote de Produção

MRP

Exemplo - produção por lotes

Necessidades líquidas

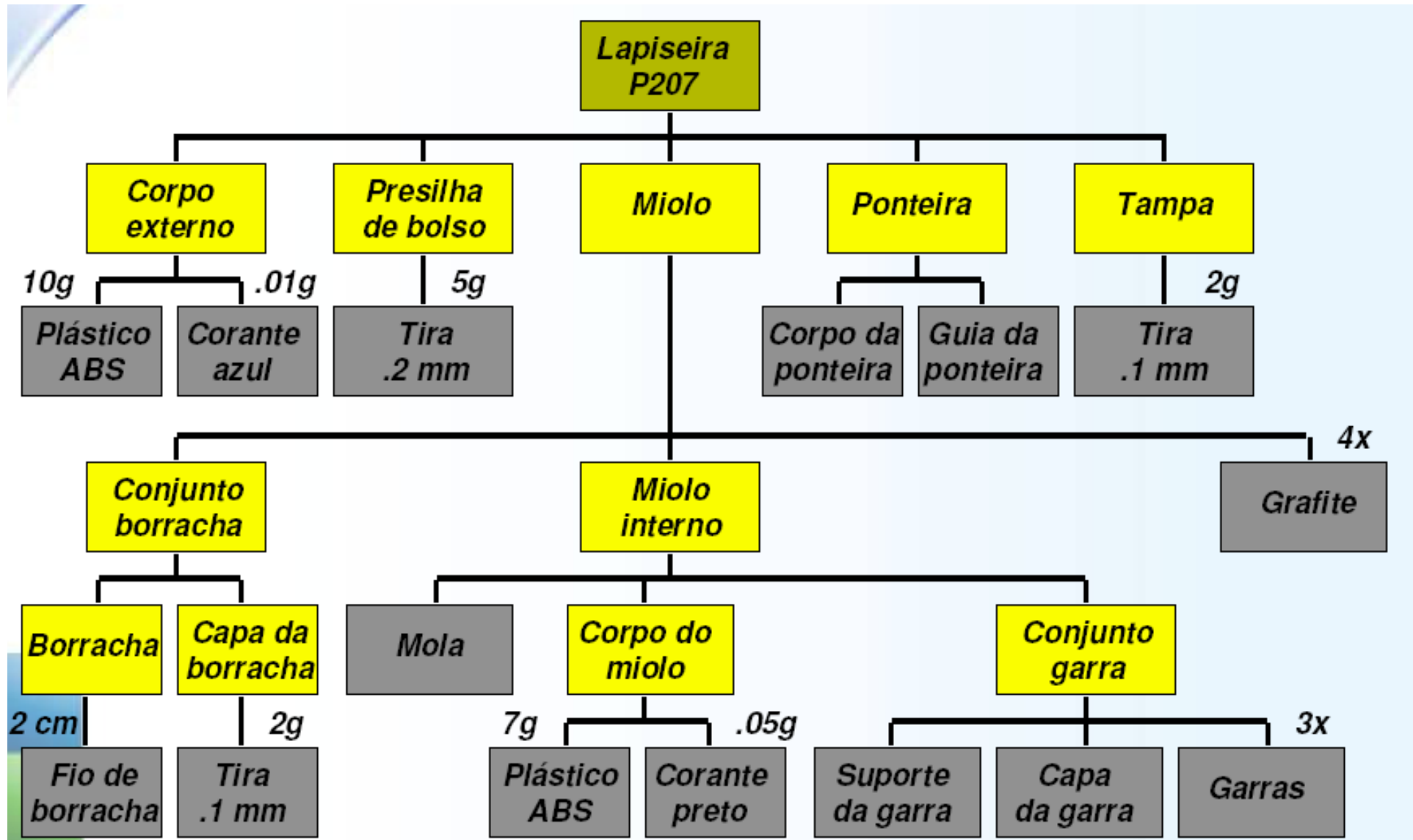
=

Necessidades brutas-(Existências+Recebimentos programados)

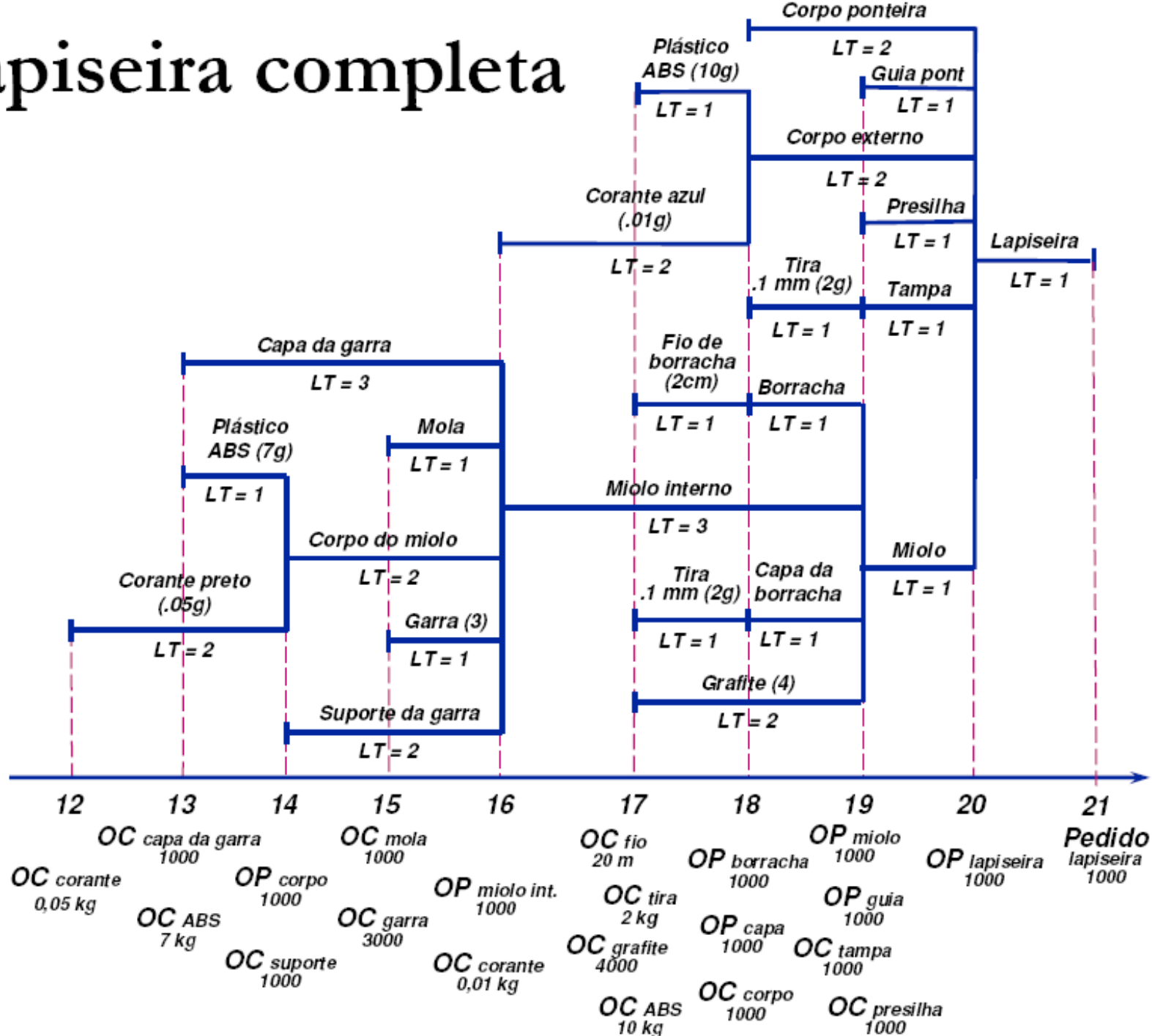
Semana 29	30	31	32	33	34	35
M012 (p.e.=1)						
Nec. brutas	3	0	4	1	3	2
Receb. program	10				10	
Existências (0)	7	7	3	2	9	7
Nec líquidas	0	0	0	0	0	0
Ordens planeadas	0	0	0	10	0	0

Outro Exemplo

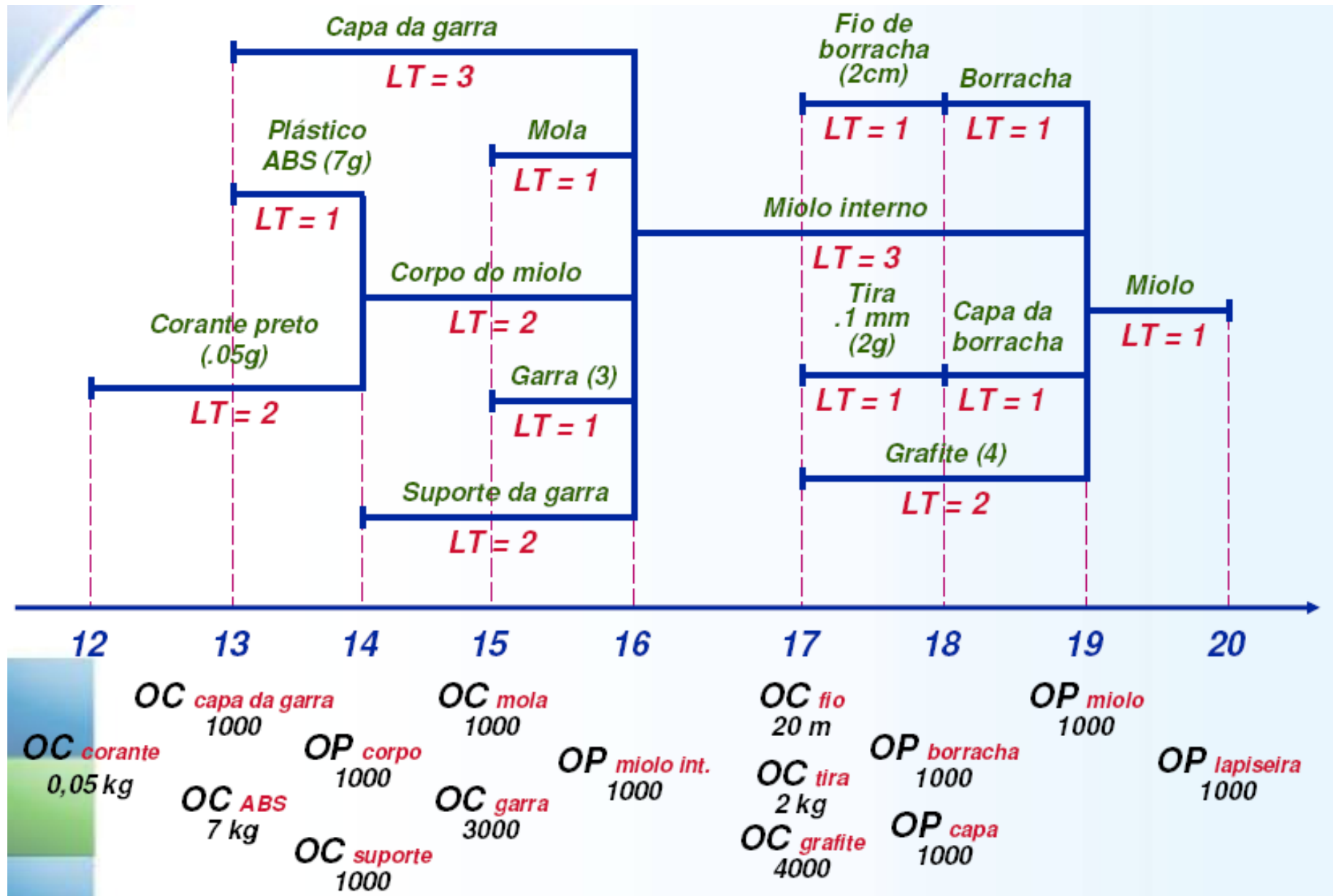
Estrutura de Produto



Lapiseira completa



Explosão das necessidades brutas



MRP

- Quantidades que devem estar disponíveis na data (saídas de estoque)
- podem ocorrer durante o período

- Recebimentos referentes a ordens já liberadas (entradas no estoque)
- Devem ocorrer no início do período indicado

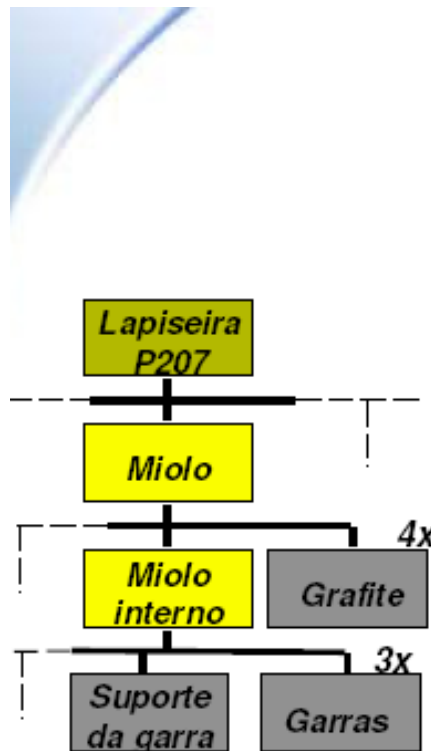
HOJE

Lead Time = 3 períodos

Miolo Interno	Períodos	1	2	3	4	5	6	7	8
Necessidades Brutas		100	20		80	120		70	150
Recebimentos Programados				100					
Estoque Disponível	150	50	30	130	50	0	0	0	0
Chegada de Ordens Planejadas						70		70	150
Plano de Liberação de Ordens			70		70	150			

- Quantidade disponível no final do período, após a retirada das necessidades brutas e a entrada dos recebimentos programados
- A quantidade destacada refere-se ao estoque disponível atual (“em mãos”)

- Ordens geradas para impedir que o estoque disponível projetado seja menor do que o estoque de segurança
- Podem indicar data de chegada e data de liberação da ordem, sempre referindo-se a início de período



LAPISEIRA

Liber. de Órdens	300	200		500	500	1000
------------------	-----	-----	--	-----	-----	------

MIOLO

LOTE MÍNIMO 300 LT = 1 ES = 0	Nec. Brutas			300		200			500	500		1000
	Rec. Progr.											
	Estoque Disp.	350	350	50	50	150	150	150	0	0	0	0
	Ordens Planejadas					300			350	500		1000
	Liber. de Ordens				300			350	500		1000	

GRAFITE

LOTE MULTIPLO 500 LT = 2 ES = 250	Nec. Brutas				1200			1400	2000		4000	
	Rec. Progr.											
	Estoque Disp.	250	250	250	550	550	550	650	650	650	650	650
	Ordens Planejadas				1500			1500	2000		4000	
	Liber. de Ordens		1500			1500	2000		4000			

MIOLO INTERNO

LOTE LOTE A LOTE LT = 3 ES = 300	Nec. Brutas				300			350	500		1000	
	Rec. Progr.				300							
	Estoque Disp.	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
	Ordens Planejadas								350	500		1000
	Liber. de Ordens					350	500		1000			

SUORTE GARRA

LOTE MÍNIMO 500 LT = 2 ES = 100	Nec. Brutas				350	500		1000				
	Rec. Progr.											
	Estoque Disp.	120	120	120	270	270	270	100	100	100	100	100
	Ordens Planejadas				500	500		830				
	Liber. de Ordens		500	500		830						

GARRA

LOTE MINIMO 1500 LT = 1 ES = 150	Nec. Brutas				1050	1500		3000				
	Rec. Progr.											
	Estoque Disp.	450	450	450	900	900	900	150	150	150	150	150
	Ordens Planejadas				1500	1500		2250				
	Liber. de Ordens			1500	1500		2250					