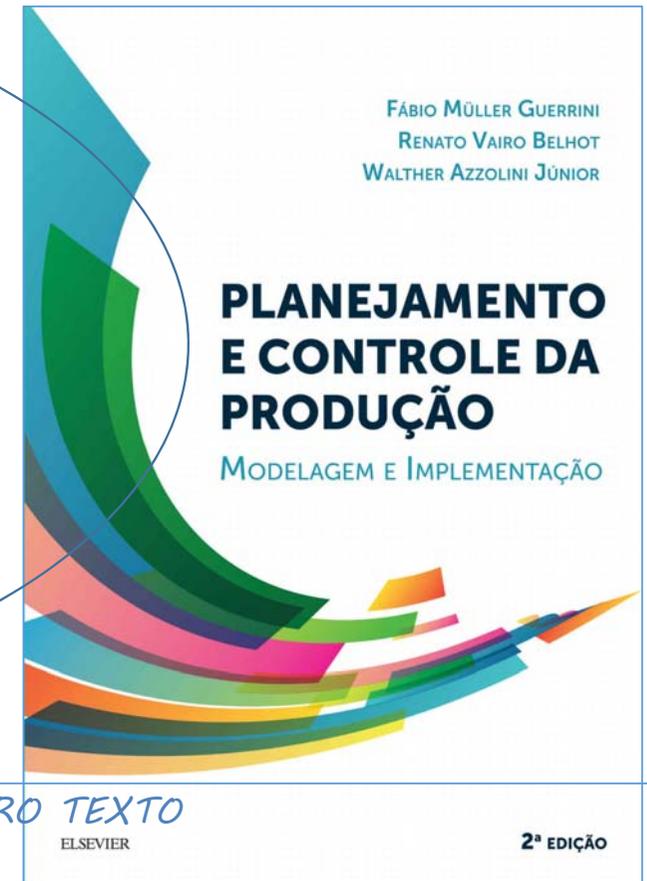


SEP 301

MODELAGEM DA PRODUÇÃO



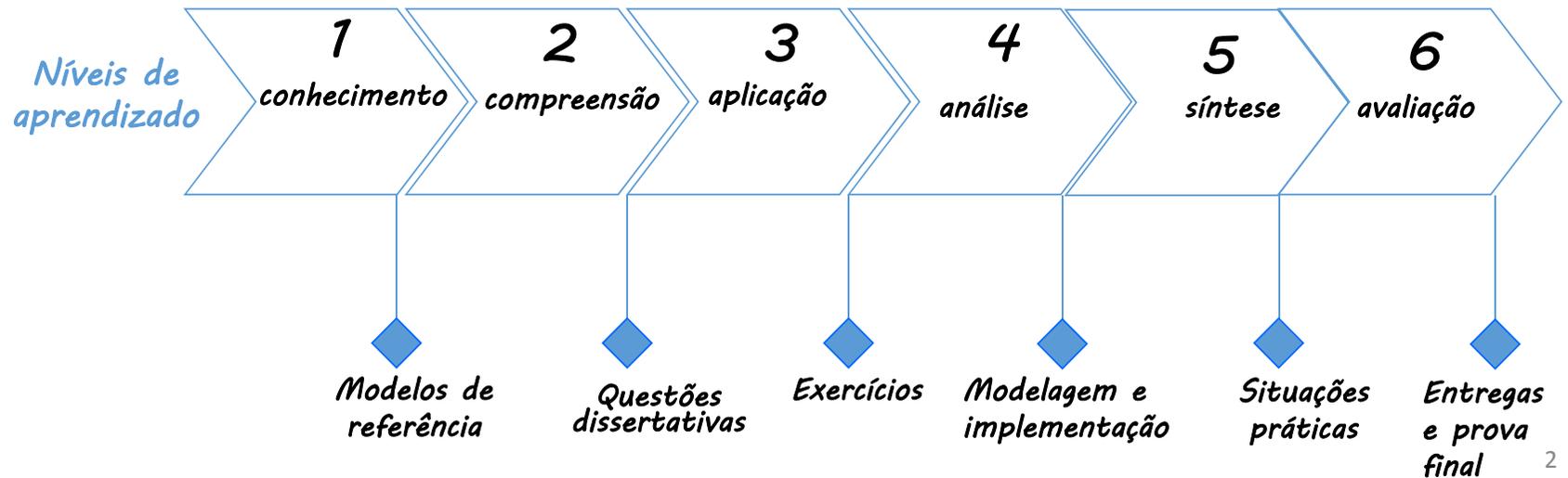
PORQUE MODELAGEM?

4EM + SSM + PO

JORNADA DE APRENDIZADO

30 aulas + Atividades +
2 provas + 2 projetos
MOODLE

Capacitar os alunos para a modelagem dos processos básicos de PCP e para o uso dos correspondentes métodos, técnicas de solução



Evolução conceitual do PCP

Sistemas informais

Técnicas

Final do século XIX/ XX

Melhoria contínua

Fim da 2ª Guerra Mundial

1960/1970

Kanban

MRP

Sistema Toyota de Produção

1970/1980

MRPII

Just in time

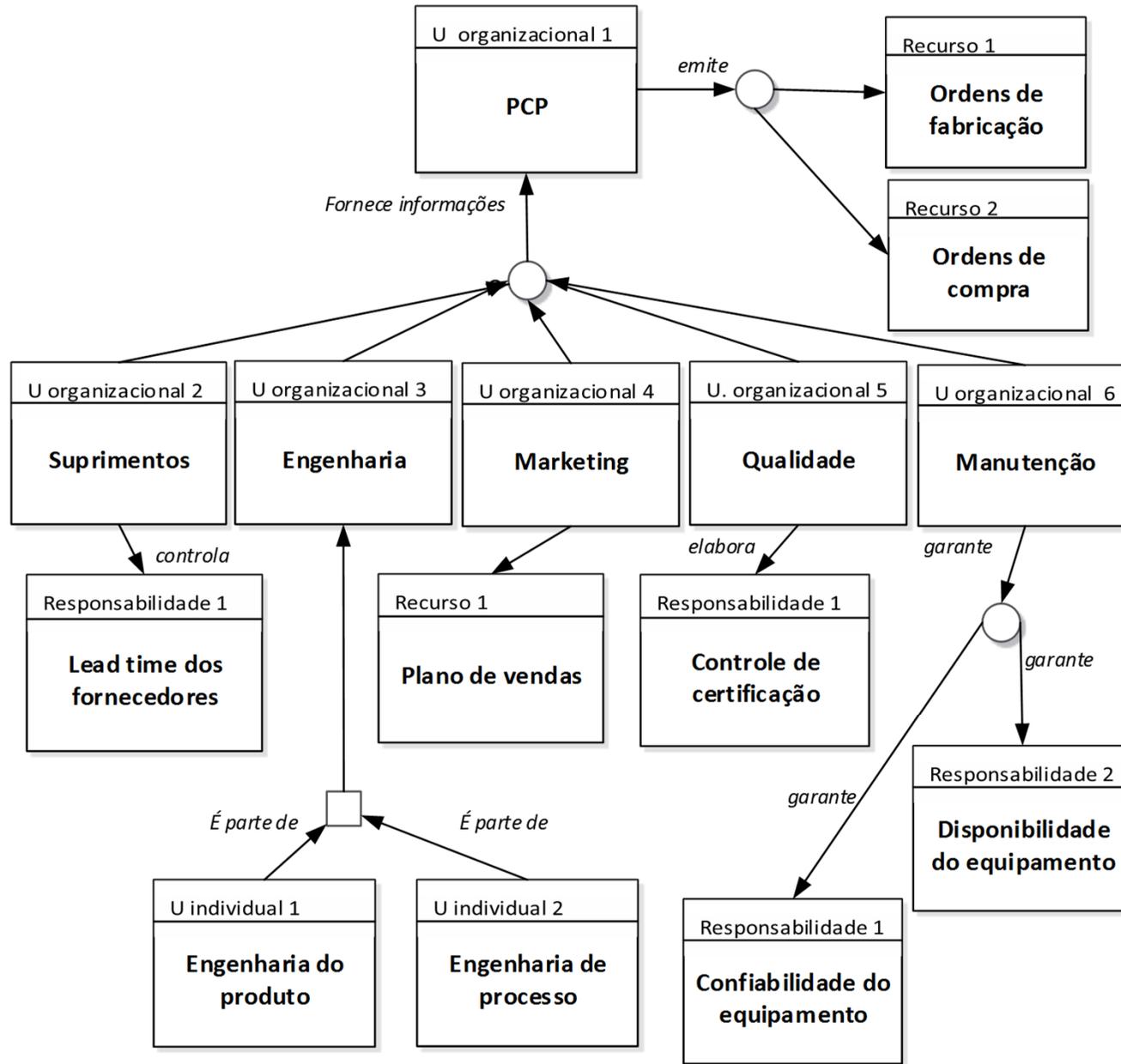
Década 1980

Produção Enxuta

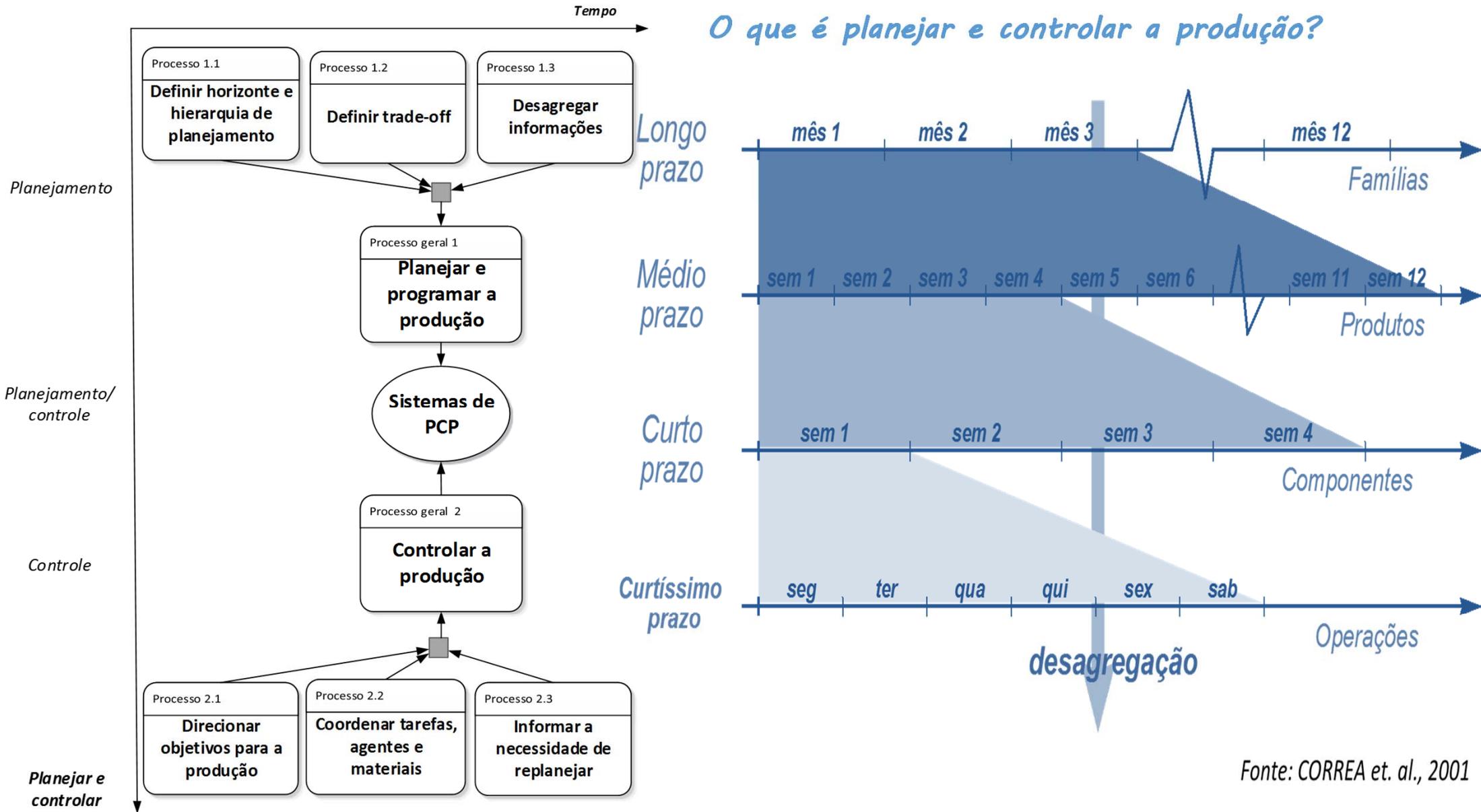
Década de 1990

ERP

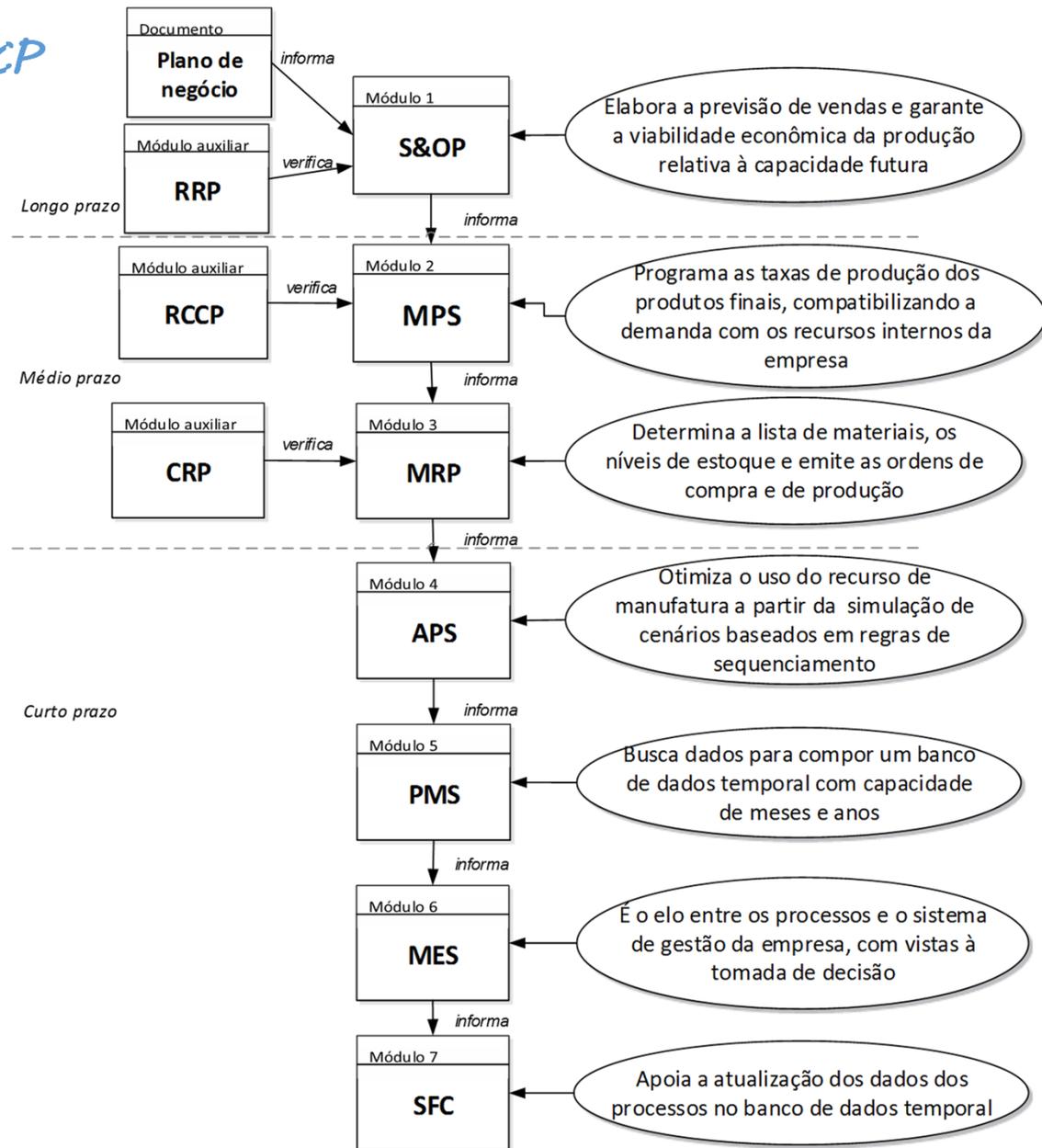
Área de PCP



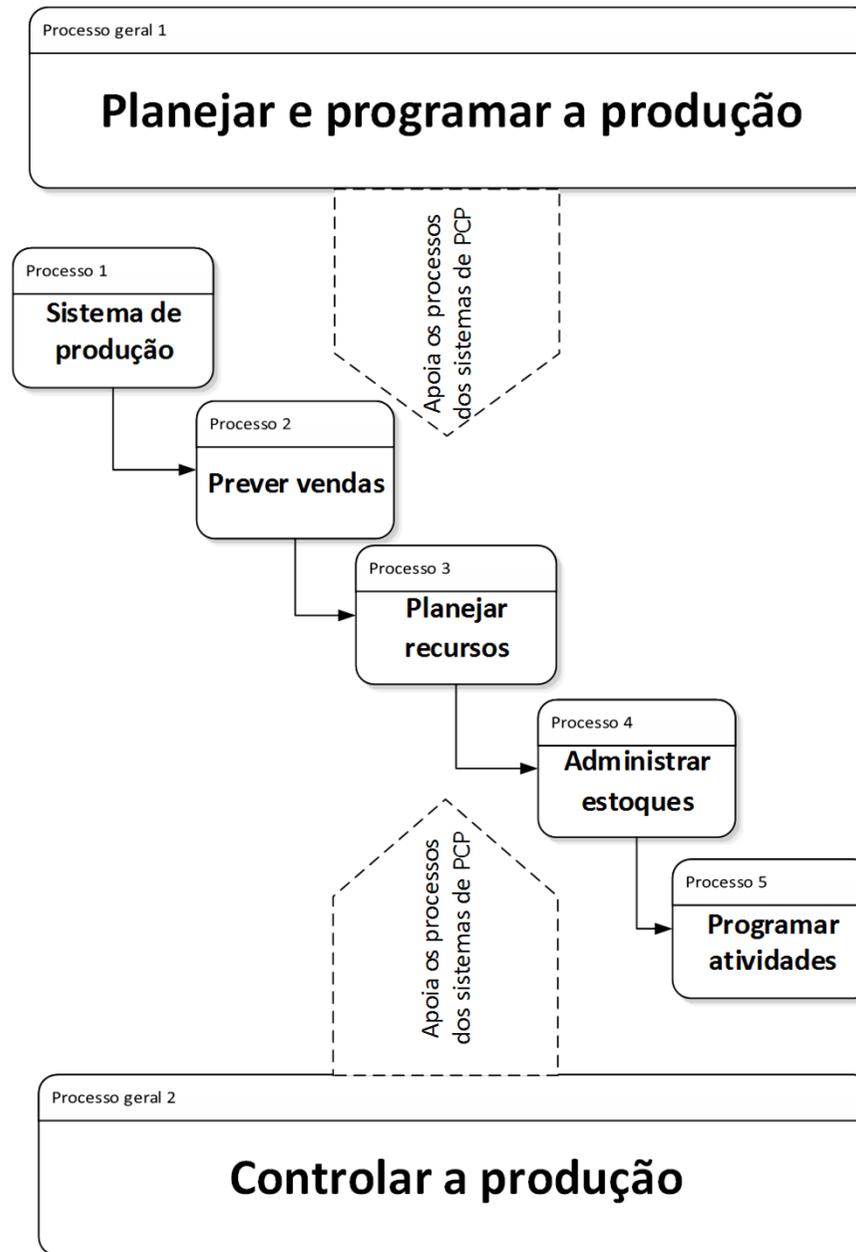
O que é planejar e controlar a produção?



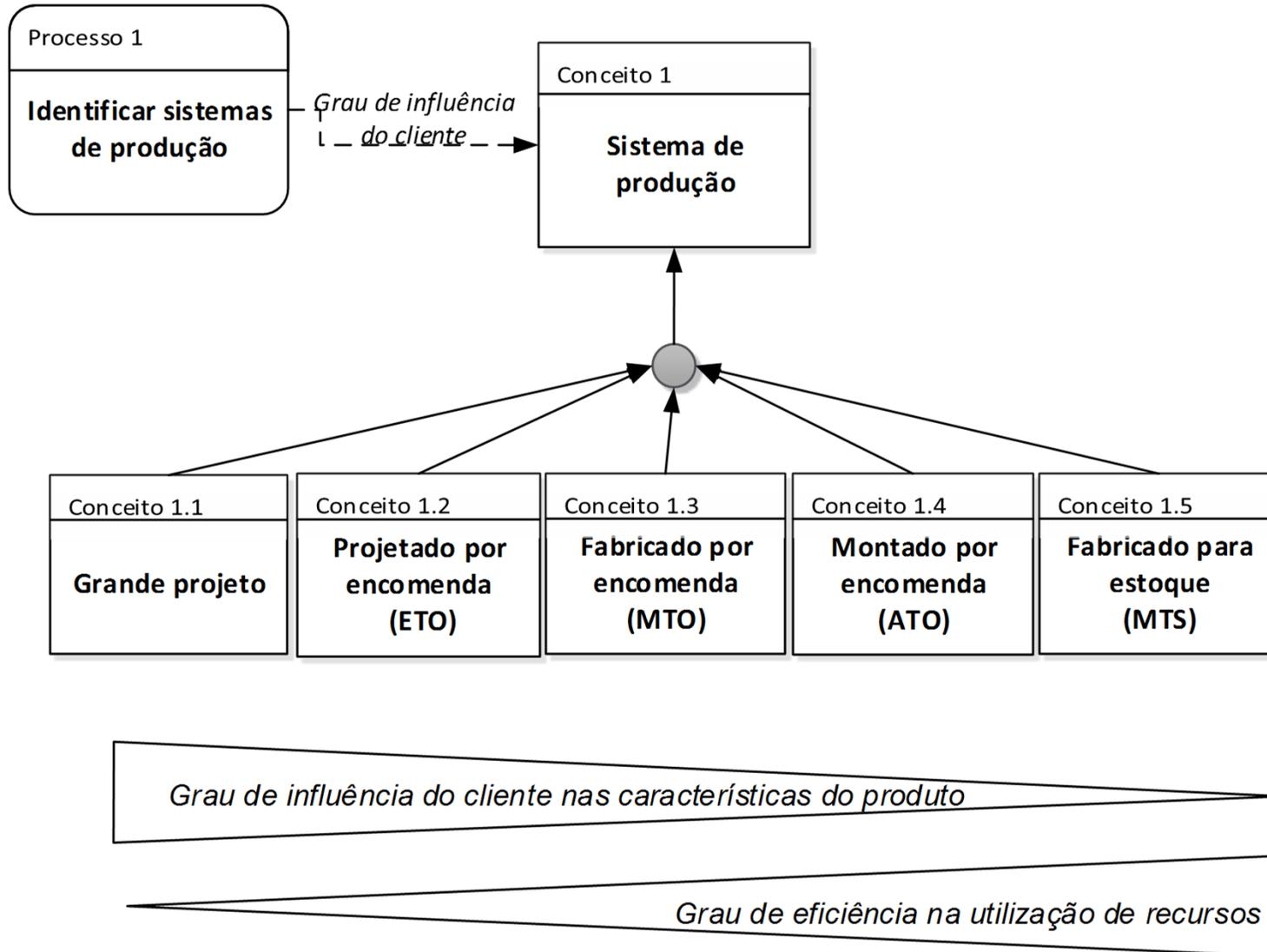
Níveis hierárquicos e módulos do PCP



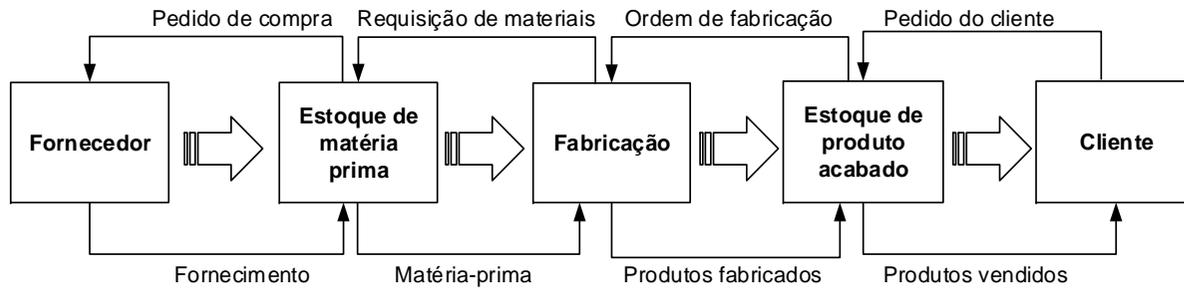
Atividades do PCP



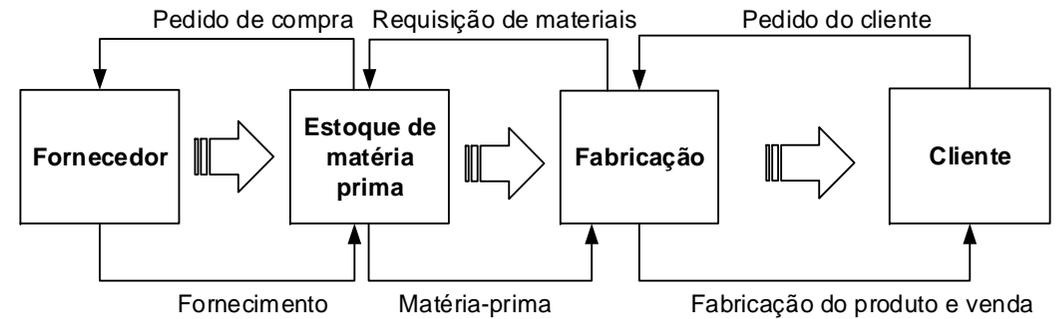
Sistemas de produção



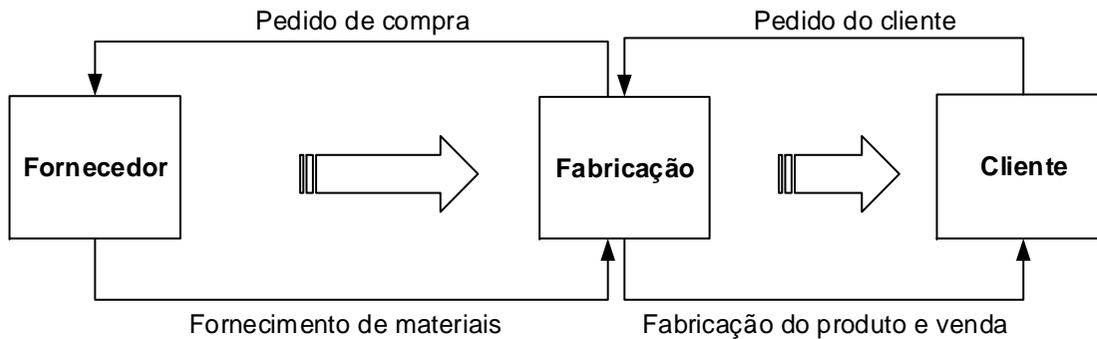
Produto padronizado MTS



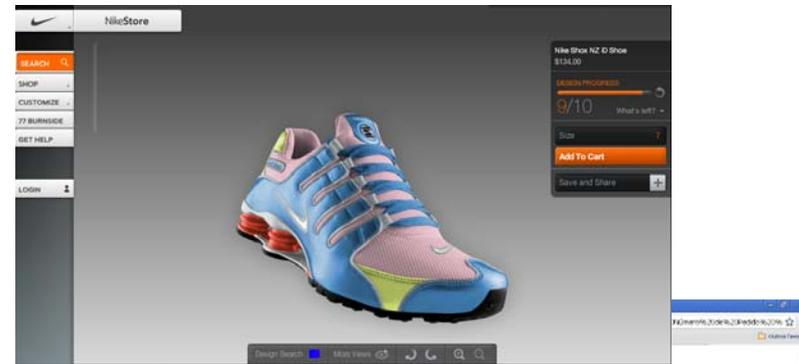
Produto personalizado conforme MTO



Produto personalizado conforme ETO



Personalização em massa: Nike



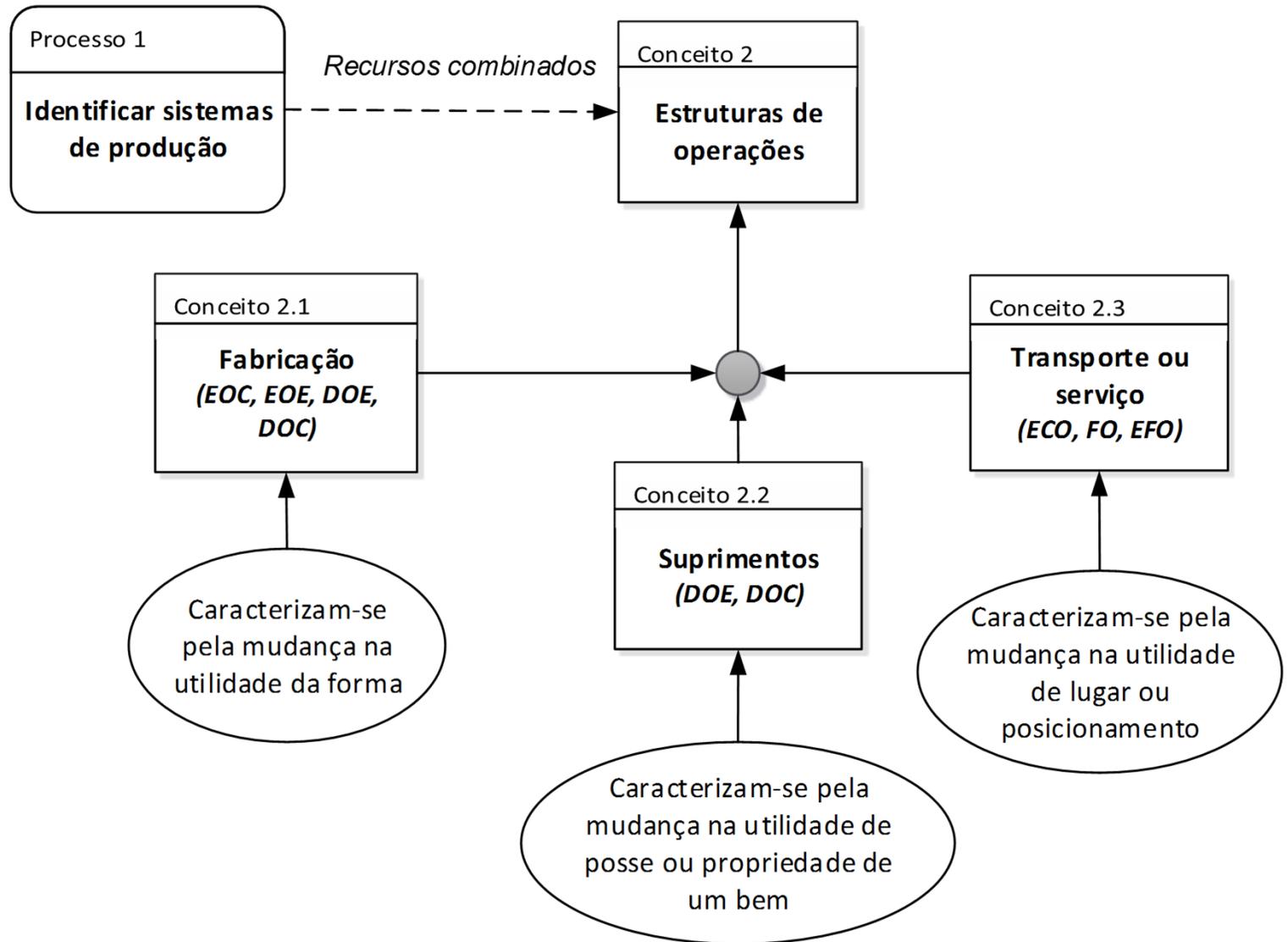
(ATO) - montagem por encomenda



Grande projeto

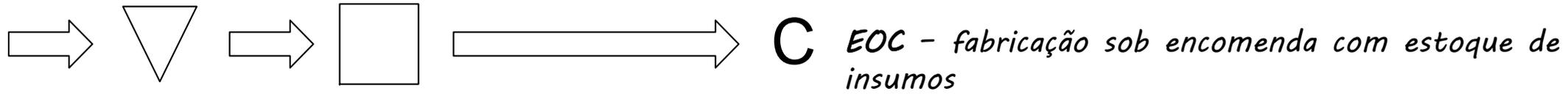


Estruturas de operações

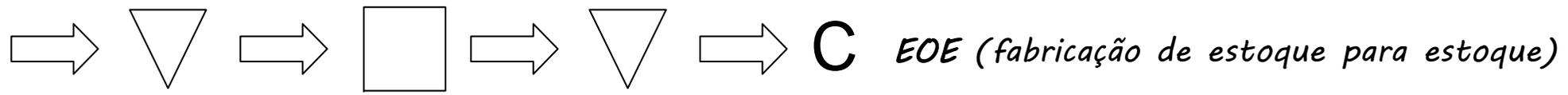


Fabricação

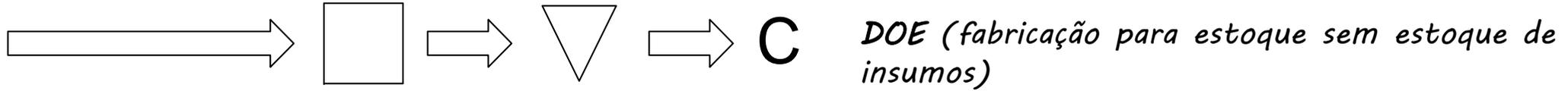
Suco vendido na cantina



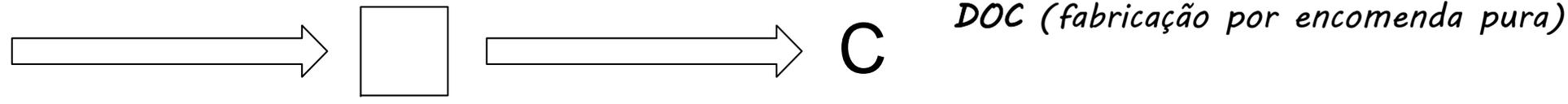
Ford Modelo T



Cerveja (cevada)

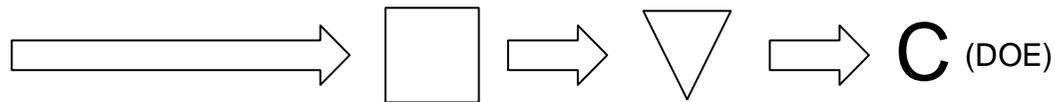


Hindenburg

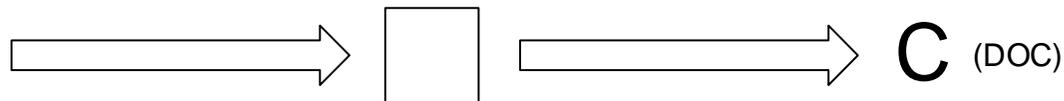


Suprimento

- Caracteriza-se pela mudança na utilidade de posse ou propriedade de um bem.
- Não há transformação física, o produto é igual ao insumo.
- A função é de transferência de posse. Ex: supermercado, loja, posto de gasolina.



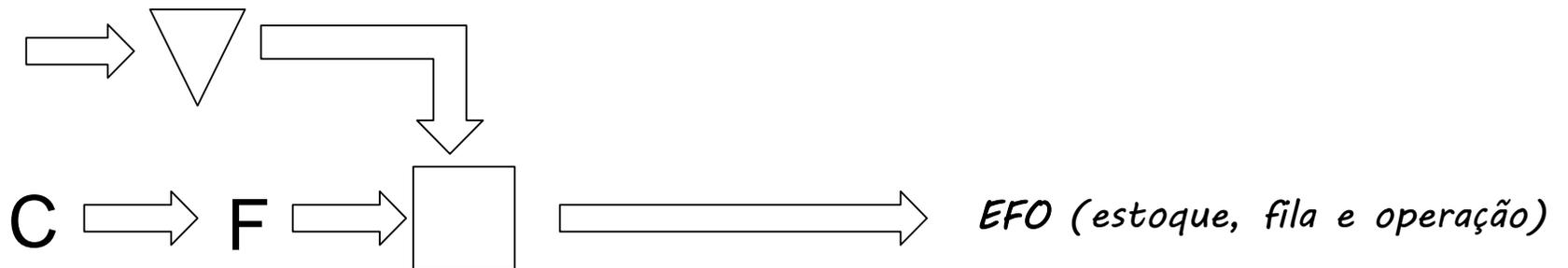
Canal de Suez



Transporte ou serviço

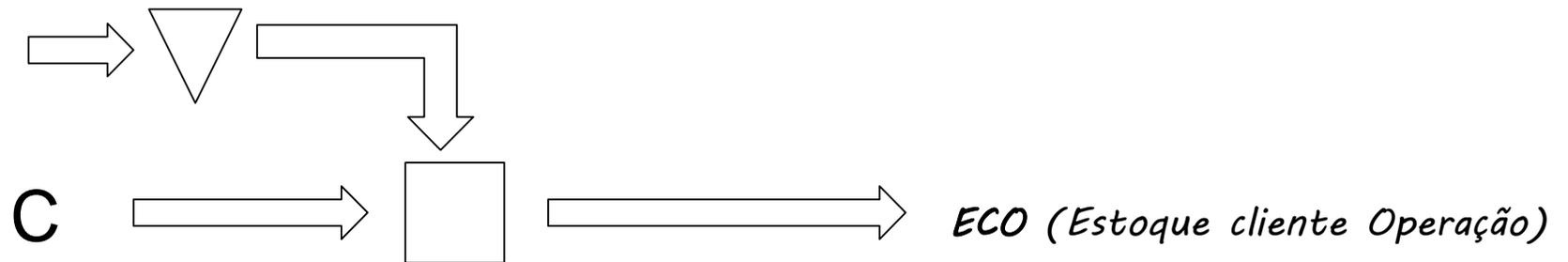
- Não pode ser estocado e nem ser feito por antecipação
- Evidencia uma mudança na utilidade de lugar ou posicionamento.
- A característica principal é que o cliente, ou algo pertencente a ele, move-se de um lugar para outro. Ex: táxi, ambulância.

Pizzaria



Transporte ou serviço

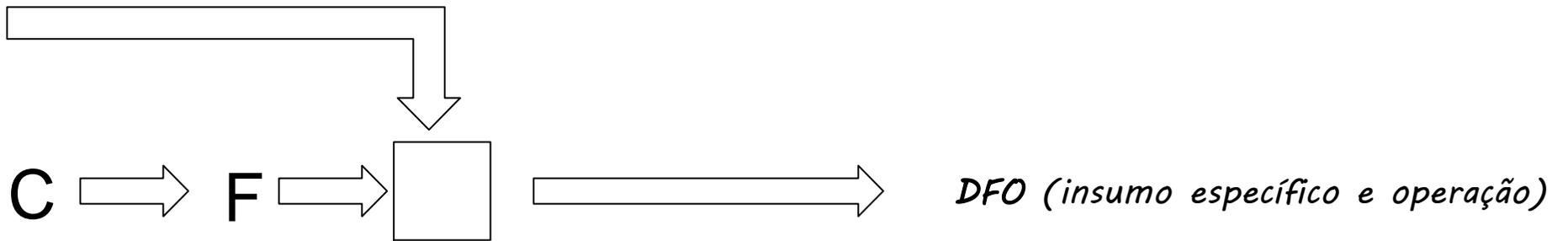
Serviço de resgate do bombeiro



Os insumos (recursos) são estocados exceto o insumo do cliente que não está sujeito a fila (espera). A fila de clientes não pode ser tolerada e, os recursos devem ser suficientes para garantir o atendimento das exigências dos clientes.

Transporte ou serviço

- Lançamento de um ônibus espacial



Não há estoque de insumos e os clientes aguardam a realização da função, que não ocorre enquanto os recursos não forem adquiridos.

Tal situação aplica-se nos casos em que é necessário satisfazer plenamente demandas, exigências ou circunstâncias novas, ou inesperadas.

Previsão de vendas: séries temporais

Conceito 2.3
Séries temporais

São séries de dados históricos. Os fatores das séries temporais são tendência, sazonalidade, ciclo e aleatoriedade

Conceito 2.3.1
Séries estacionárias

Conceito 2.3.2
Séries não estacionárias

Método 1
Média móvel

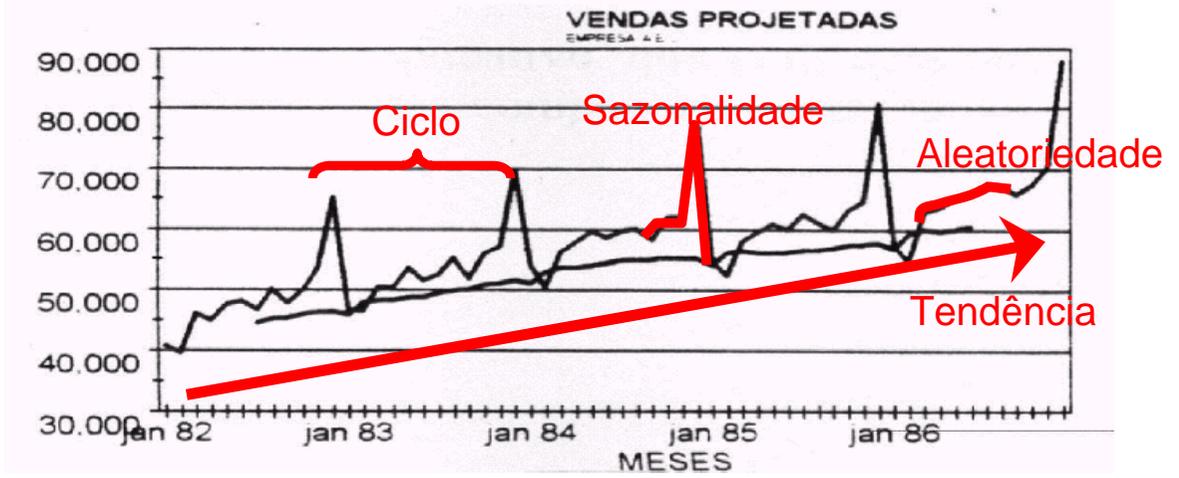
Método 3
Média móvel ponderada exponencial

Método 2
Média móvel ponderada

Método 1
Regressão simples (RS)

Método 2
RS corrigida pelo fator de sazonalidade

$$x_t = f(T_t, S_t, C_t, E_t)$$



Previsão de vendas para séries não estacionárias

Regressão simples

$$Y = a + bx$$

$$a = \frac{\sum x^2 \cdot \sum y - \sum x \cdot \sum x \cdot y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{n \cdot \sum x \cdot y - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$r = \frac{n \cdot \sum x \cdot y - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{[n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2] \cdot [n \cdot \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

Exemplo:

Sejam os dados de vendas de um produto.

Pede-se: prever as receitas de vendas para o próximo ano (ano 7)

Tabela 1: Receita de vendas

| Ano | Receitas de vendas | Ano | Receitas de vendas |
|-----|--------------------|-----|--------------------|
| 1 | 3 | 4 | 28 |
| 2 | 6 | 5 | 36 |
| 3 | 16 | 6 | 38 |

Previsão de vendas para séries não estacionárias

Sazonalidade

$$P_{t+1} = S_{t+1} \cdot F_{t+1}$$

Fator de Sazonalidade:

$$F_t = \frac{D_t}{S_t}$$

onde:

F_t = Fator de Sazonalidade para o período t

D_t = venda ocorrida no período t

S_t = Previsão de Vendas para o período t
(dado pela reta)

Exemplo:

Considere as vendas de um artigo de inverno, conforme a Tabela 2. Pede-se: Determine a previsão para do segundo trimestre do ano 5.

Tabela 2: Vendas de inverno

| Ano | Trimestre | | | |
|-----|-----------|----|-----|----|
| | I | II | III | IV |
| 1 | 11 | 20 | 51 | 22 |
| 2 | 13 | 31 | 60 | 28 |
| 3 | 12 | 39 | 62 | 40 |
| 4 | 23 | 25 | 88 | 45 |

Previsão de vendas para séries estacionárias

Métodos para previsão

Média móvel

$$P_t = \frac{x_{t-1} + x_{t-2} + \dots + x_{t-n}}{n}$$

Média móvel ponderada

$$P_{t+1} = p_1 \cdot D_t + p_2 \cdot D_{t-1} + \dots + p_k \cdot D_{t-N+1}$$

Média móvel ponderada exponencialmente

$$P_{t+1} = P_t + \alpha \cdot (E_t)$$

$$\alpha = \frac{2}{N+1}$$

Exemplo:

As horas de estudo de um determinado aluno por semana correspondem a Tabela 3. Determine a previsão para a semana 11.

Tabela 3: Suas horas de estudo por semana

| | | | | | | | | | | |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Semana | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Horas de estudo | 15 | 18 | 12 | 12 | 20 | 14 | 18 | 17 | 14 | 20 |

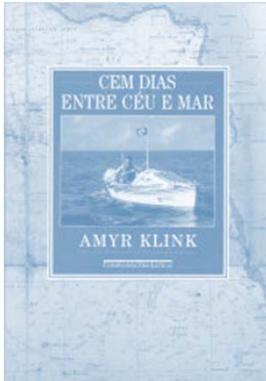
O que é erro?

$$E_t = D_t - P_t \quad EQM = \sum_{t=1}^n \frac{(E_t)^2}{N}$$

$$EAP = \sum_{t=1}^n E_t \quad DAM = \sum_{t=1}^n \frac{|E_t|}{N}$$

Plano de recursos

PCP também é cultura



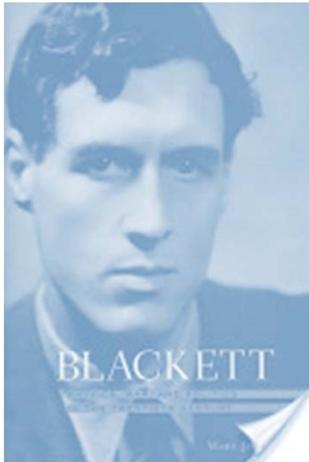
Cem dias entre o céu e o mar- Amyr Klink

FICHA TÉCNICA DO BARCO

capacidade máxima de lastros (210 litros)

tanques de água doce (275 litros)

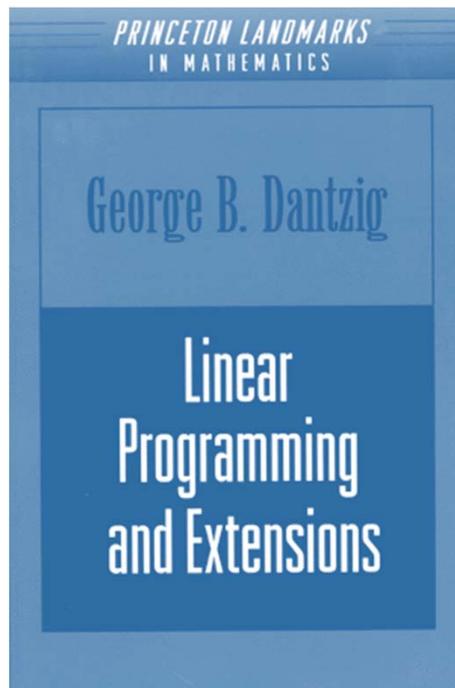
deslocamento : vazio(310 kg) e carregado (1.190kg).



Blackett: Physics, War, and Politics in the Twentieth Century

- ❖ *1939 - Patrick Blackett liderou uma equipe para tornar tornar operacional o sistema de radares da Grã-Bretanha na guerra anti-submarina*
- ❖ *1940 - Blackett analisou um pedido de aviões feito pelos franceses*

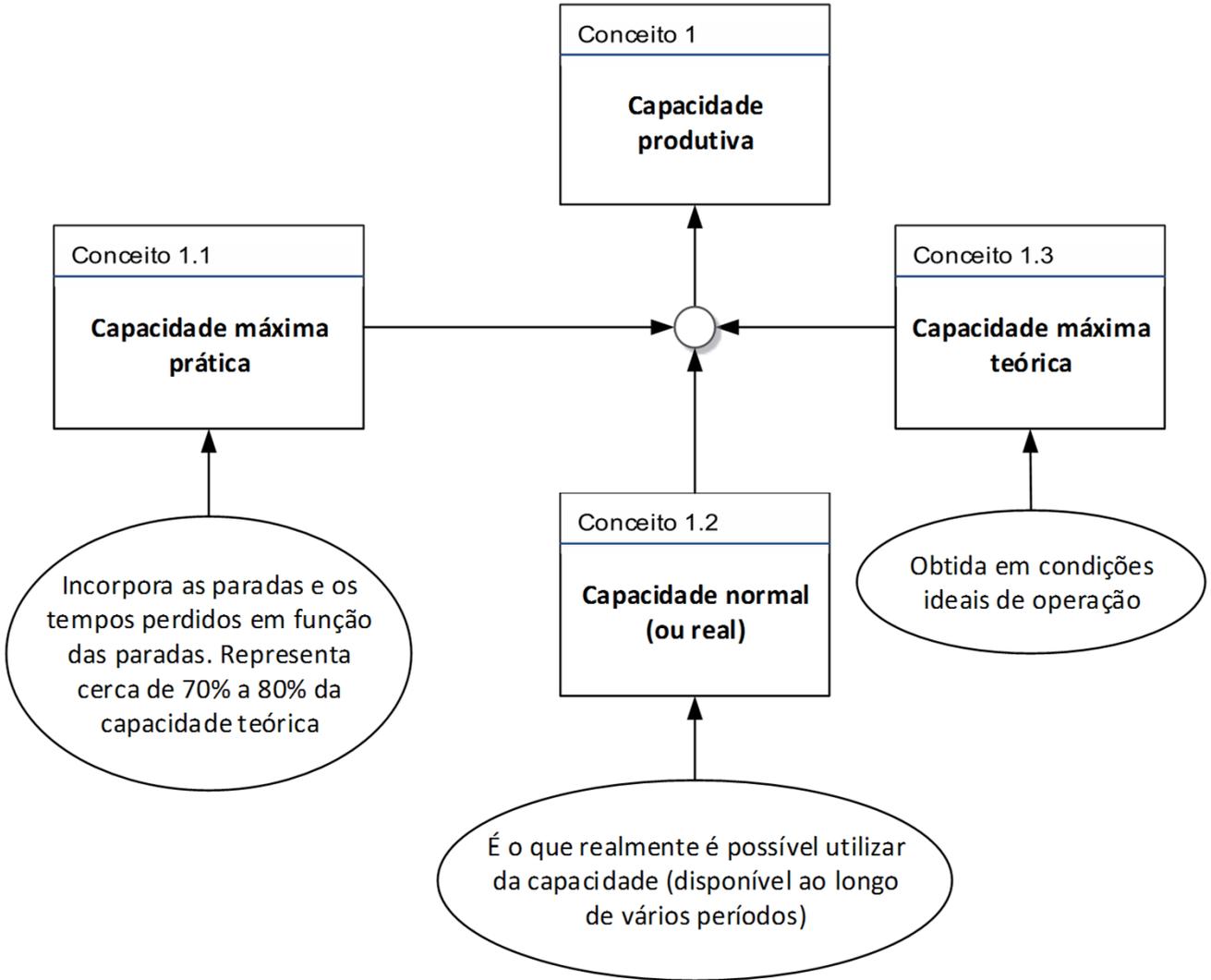
PCP também é cultura



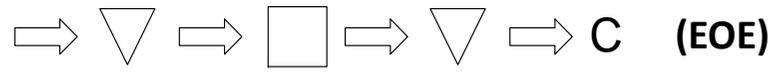
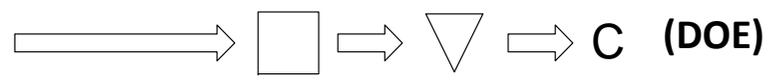
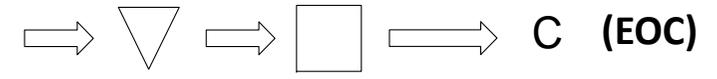
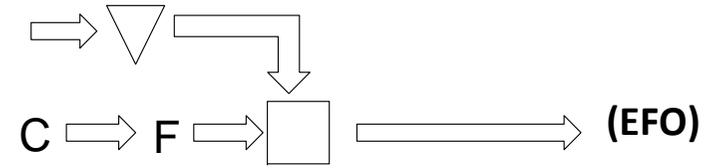
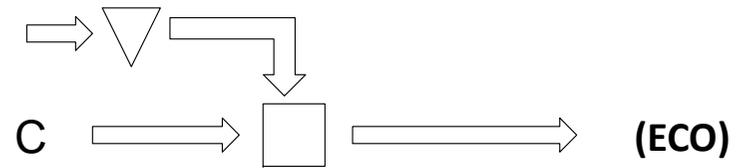
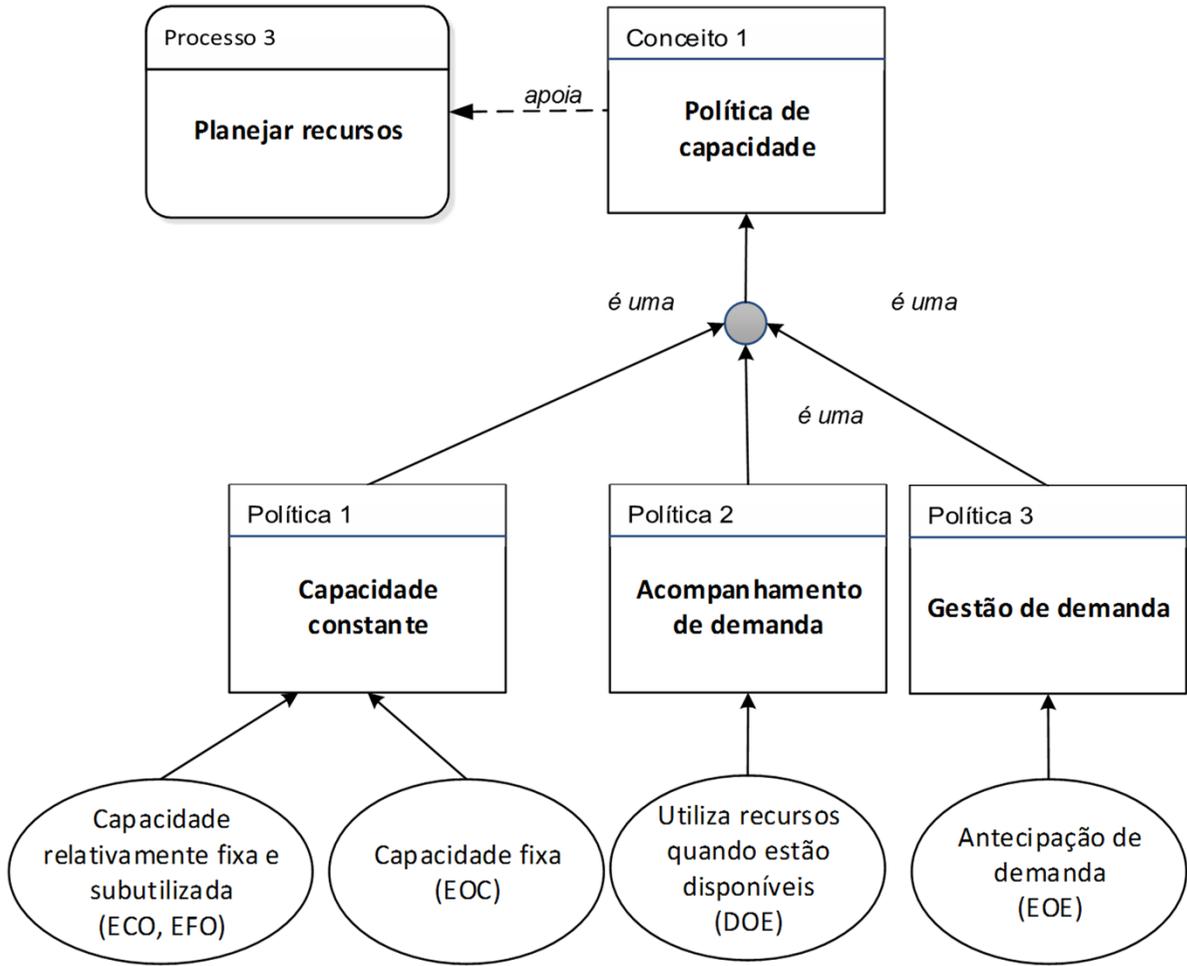
- ❖ *1941a 1946 - George Dantzig foi líder da sucursal de análise de combate da Força Aérea Americana*
- ❖ *1947- Método Simplex de Otimização referente a planos ou programações de treinamento, logística e suprimentos*

“Minha divisão coletou dados sobre planos de vôo, bombas lançadas, aviões desaparecidos. Eu também ajudei outras divisões do Apoio Aéreo a preparar planos chamados “programas” ... tudo foi planejado com grande detalhamento: todos os pinos, aviões, detalhes da manufatura de tudo. Nesse particular, havia centenas de milhares de diferentes tipos de dados coletados sobre o combate aéreo que diziam respeito a um determinado número de planos de vôo, as toneladas de bombas jogadas, padrões de atritos. Eu também vim a ser um especialista em fazer planos por técnicas manuais.”

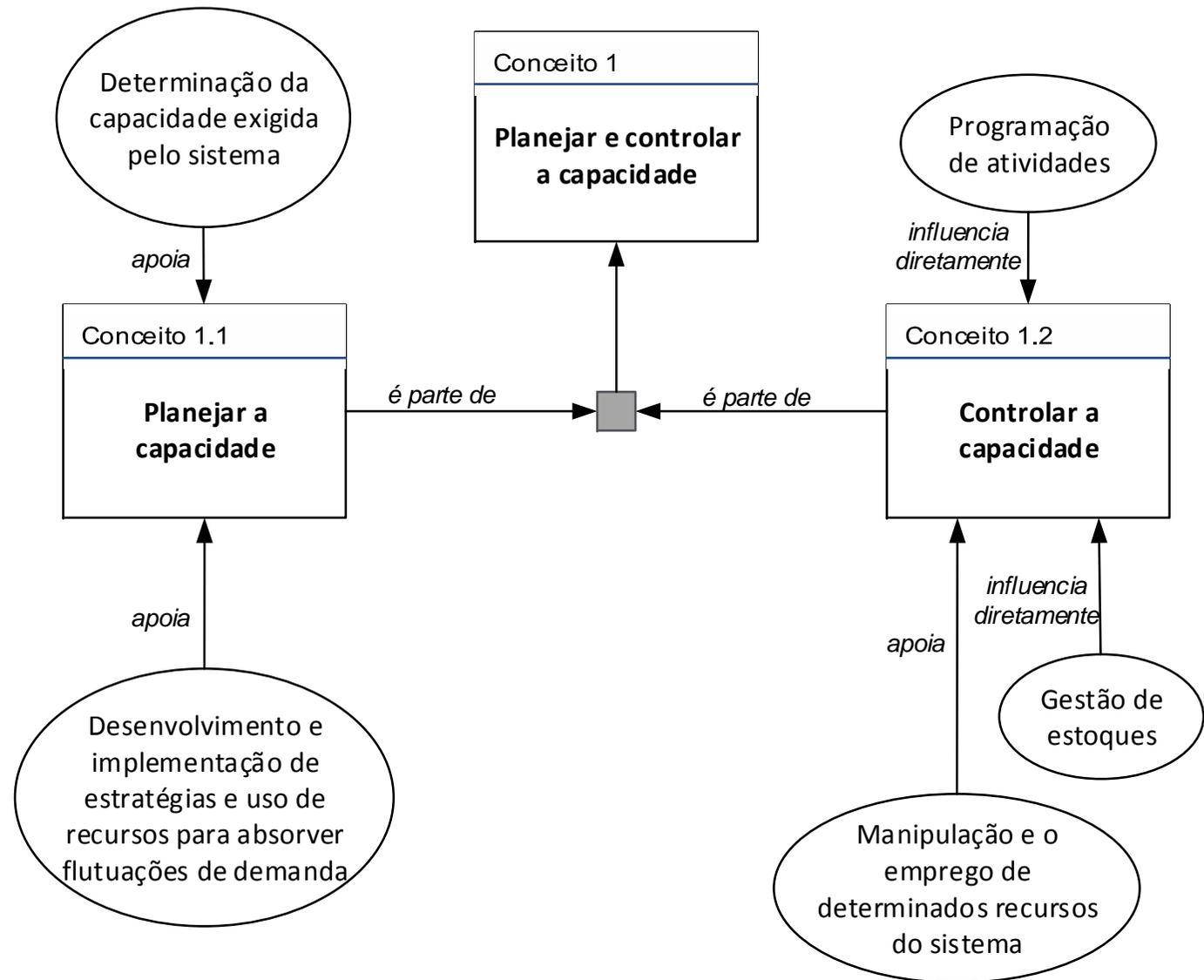
Capacidade produtiva: como medir



Políticas de capacidade



Políticas de capacidade



Método dos quadros

Exemplo : Fonte: Monks (1987).

Sejam os dados de uma demanda para o próximo ano, conforme a Tabela 4. Assuma que a capacidade de produção é de 17 unidades por dia. Pede-se: verifique a política de acompanhamento de demanda e a política de capacidade constante.

Tabela 4: Dados da demanda

| Mês | j | f | m | a | m | j | j | a | s | o | n | d | Total |
|------------------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-------|
| Demanda prevista | 220 | 90 | 210 | 396 | 616 | 700 | 378 | 220 | 200 | 115 | 95 | 260 | 3500 |
| Dias de produção | 22 | 18 | 21 | 22 | 22 | 20 | 21 | 22 | 20 | 23 | 19 | 20 | 250 |

Método Canto Noroeste

Exemplo

O plano global de produção de uma empresa que fabrica tela LCD para computadores está na Tabela abaixo. Os níveis de estoque a serem mantidos: no início do período 1 existem 30 unidades e no final do período 4 devem sobrar 40 unidades. Pode-se considerar que: o uso do estoque inicial tem custo zero; a produção de um período pode ser utilizada nos períodos seguintes; o custo de mão-de-obra de \$ 60 e um custo de armazenagem de \$ 3 por unidade do produto.

Pede-se:

Determinar a distribuição inicial de capacidade de produção para atender a previsão de vendas a cada período a um custo mínimo.

| Meses | Previsão de vendas | Capacidade de produção | | |
|---------------------------|--------------------|------------------------|----------------|------------------|
| | | (horas normais) | (horas extras) | (subcontratação) |
| janeiro | 110 | 70 | 22 | 90 |
| fevereiro | 60 | 60 | 18 | 90 |
| março | 80 | 70 | 22 | 90 |
| abril | 90 | 77 | 25 | 90 |
| Custo unitário do produto | | \$ 120 | \$ 150 | \$ 170 |

Método dos custos lineares

Conceito:

O método dos custos lineares visa minimizar os custos de produção, de estoques e de horas-homem. Para isso define:

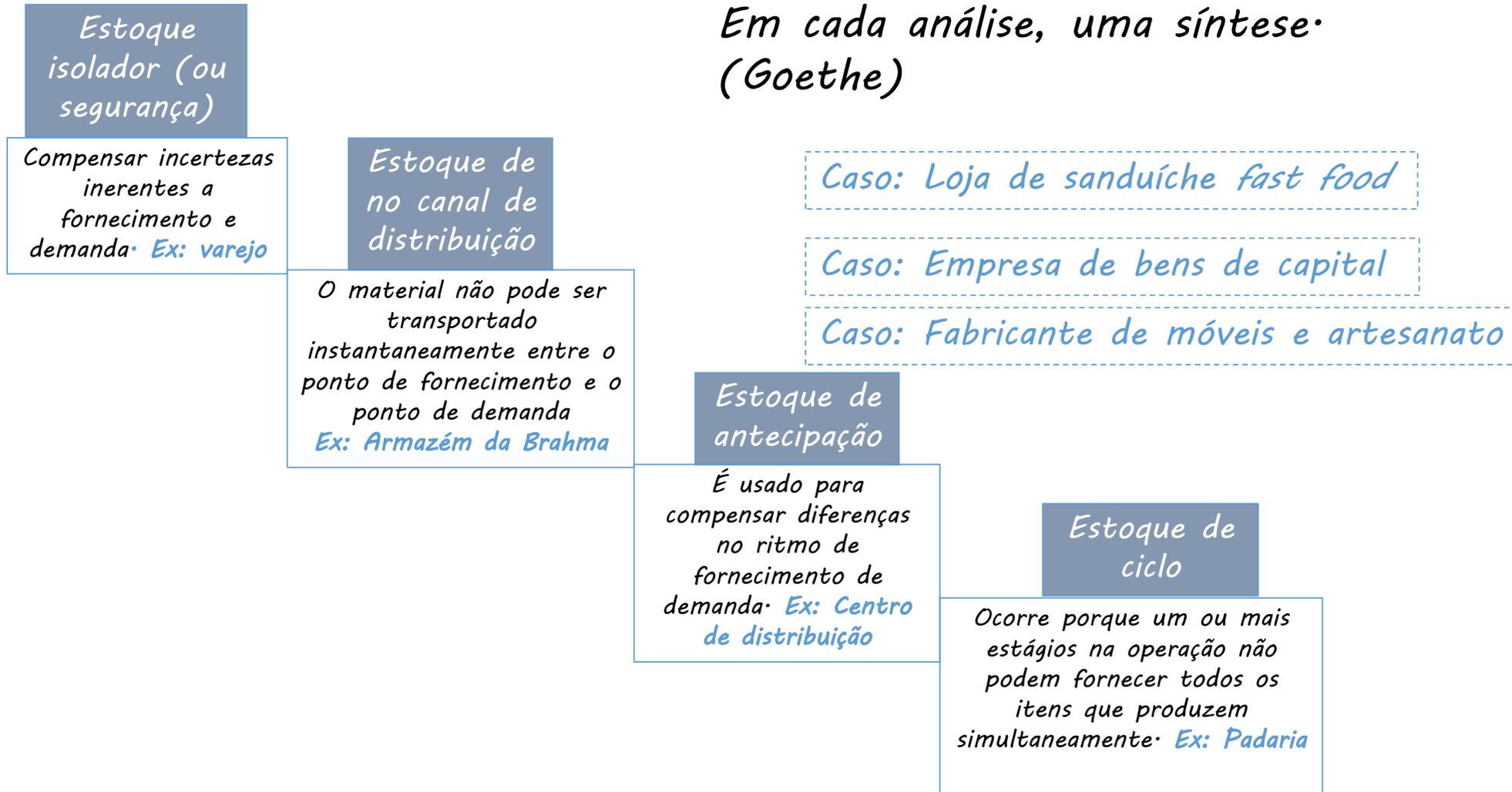
- **Função objetivo**
- **Restrições**

Exemplo:

Uma empresa quer determinar o número ótimo de mesas e cadeiras que produz para maximizar o lucro. Para produzir uma cadeira são necessários 01 Bloco Grande e 02 Pequenos. Para a mesa, 02 Blocos Grandes e 02 Blocos Pequenos. Matéria-prima disponível: 06 Blocos Grandes, 08 Blocos Pequenos. Preço de Venda da Cadeira: Consumidor: \$ 41,00; Lojista: \$ 37,00. Preço de Venda da Mesa: Consumidor: \$ 61,00; Lojista: \$ 57,00. Obs.: Lojista compra no máximo 01 mesa e 01 cadeira. Custos: Bloco Grande: \$ 8,00; Bloco Pequeno: \$ 5,00. Neste exemplo, o objetivo é a construção de um modelo linear.

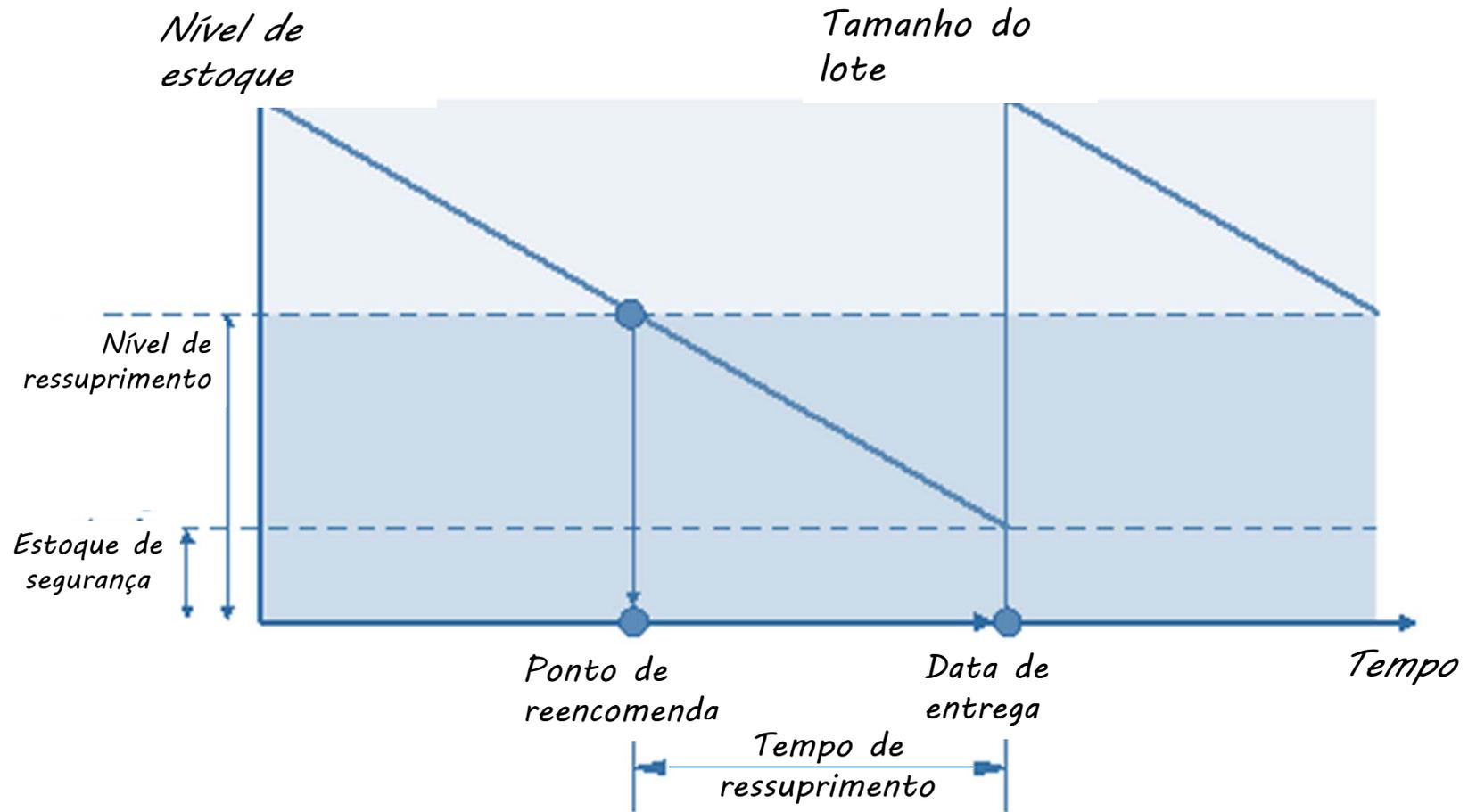
Administração de estoques

Tipos de estoque

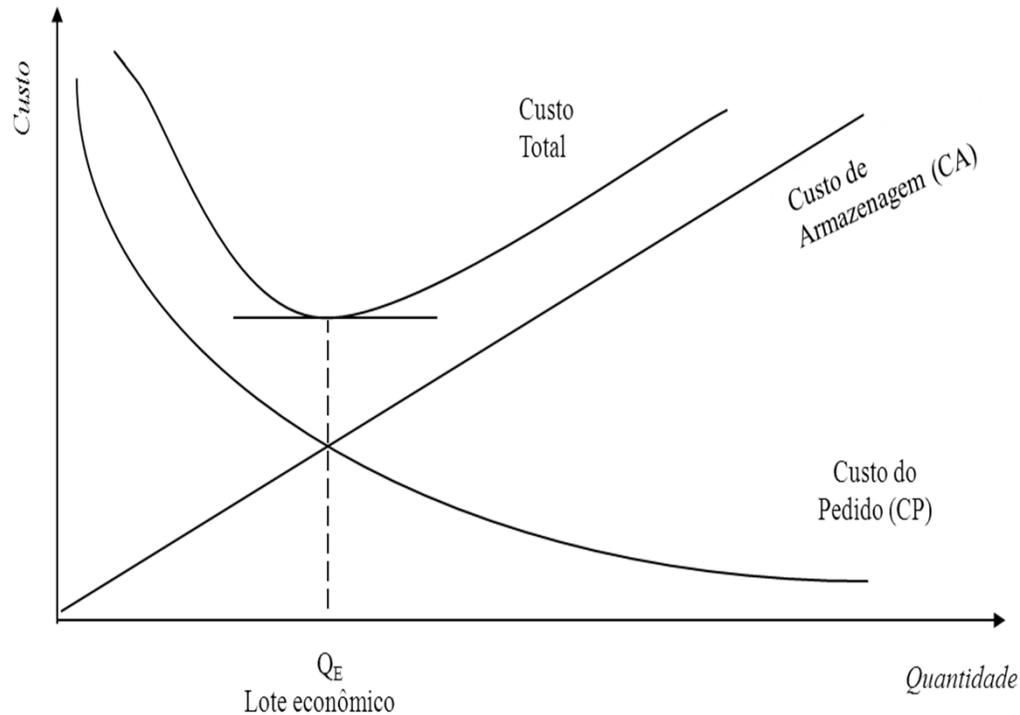


Em cada olhar, uma observação;
Em cada observação, uma análise;
Em cada análise, uma síntese.
(Goethe)

Reposição de estoques



Custo de estoques / LEC



$$CT = \left(\frac{\lambda}{Q} \right) \cdot C_p + \left(\frac{Q}{2} \right) \cdot C_a$$

$$LEC = \sqrt{\frac{2\lambda \times C_p}{C_a}}$$

Exemplo de aplicação: Fonte: Adaptado de Shimizu (2001)

Uma empresa adquire pendrives. Não é permitida a ocorrência de falta do produto, e a entrega do pedido é instantânea. A demanda é constante, à taxa de demanda de 1.200 unidades por mês (25 dias). O custo fixo para um pedido de compra é constante e igual a $C_2 = \$700$. O custo C_3 para armazenar a unidade do produto, por mês, é considerado igual ao preço de aquisição C_1 . O produto pode ser adquirido de dois fornecedores: *FIX*, com preço fixo e *DESC* que oferece desconto pela quantidade adquirida. O preço unitário do fornecedor *FIX* para qualquer quantidade adquirida é de R\$ 6,00. Já no caso do fornecedor *DESC*, para um pedido de até 539 itens o preço unitário é de R\$ 6,50; na faixa entre 540 e 699 itens o preço unitário é de R\$ 6,00; e acima de 699 o preço unitário é de R\$ 5,50.

Pede-se: Escolha o fornecedor que oferece o menor custo total para administrar o estoque desse produto, usando o Lote Econômico de Compra.

Heurística Silver Meal

O método Silver-Meal faz uma relação das alternativas de compra que atendem às demandas nos K períodos seguintes e escolhe a opção com o menor custo por período. Se k não abranger o período total previsto, deve-se aplicar o método recursivamente para atender às demandas dos períodos restantes. O método do Lote Econômico de Compra (LEC) não é recomendável para demanda que apresenta flutuação. Para verificar as diferentes abordagens e a eficácia de cada método, o exemplo a seguir faz uma análise comparativa.

Exemplo:

A previsão de demanda de um produto nas próximas semanas, em uma loja especializada em informática, é a seguinte (Tabela 2):

Tabela 2: Previsão de demanda

| Semana | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | Total |
|---------|---|---|---|----|----|----|-------|
| Demanda | 5 | 5 | 5 | 20 | 30 | 15 | 80 |

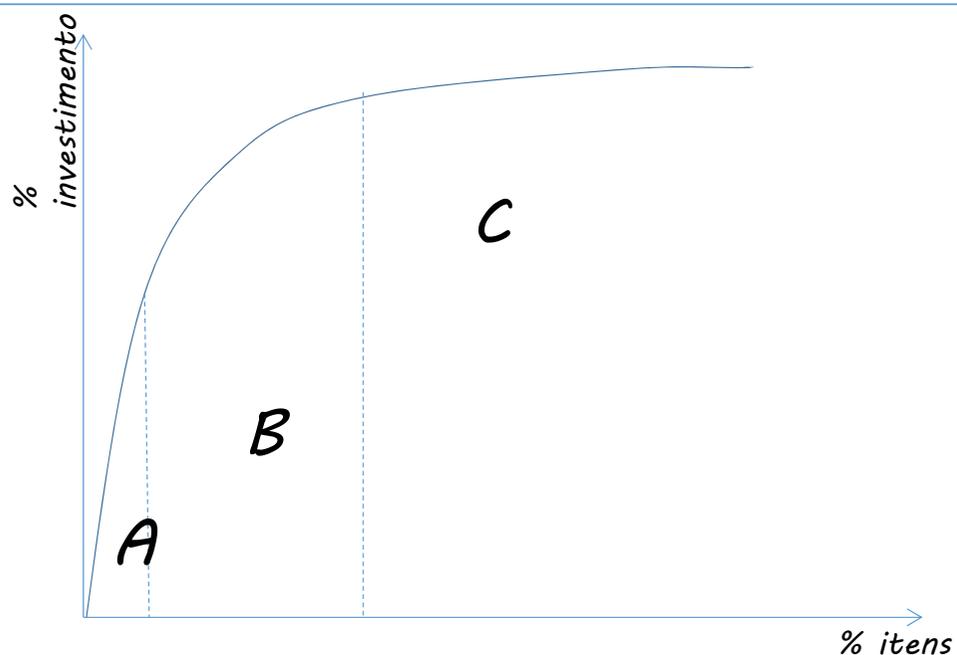
O custo do pedido é \$4, e o custo de armazenagem de um palm-top por ano é igual a \$2.
Pede-se: Use o LEC e a heurística Silver-Meal para atender a essa demanda.

Curva ABC

Século XIX, Wilfredo Pareto.

General Electric Corporation: H. F. Dixie.

- A: são 10 a 20% dos itens que representam de 60 a 80% \$;
- B: são 25 a 30% dos itens que representam de 20 a 25% \$;
- C: são 50 a 60% dos itens que representam de 5 a 10% \$.



Exemplo:

Sejam os seguintes itens, conforme a Tabela. Pede-se: Faça a priorização por preço, consumo e classificação ABC.

Tabela: Preço unitário e consumo médio de unidades por mês.

| Item | Preço unitário | Consumo médio |
|------|----------------|---------------|
| 1 | 1.886,60 | 1.096,24 |
| 2 | 169 | 200 |
| 3 | 6.102,00 | 5,0 |
| 4 | 638,55 | 1.841,58 |
| 5 | 4.553,33 | 70,75 |
| 6 | 6.207,71 | 9,7 |
| 7 | 370,20 | 435,91 |
| 8 | 937,20 | 56,10 |
| 9 | 45,20 | 464,41 |

Programação de atividades

- *Planejar* significa formalizar o que se pretende que aconteça em determinado período do futuro;
- *Programar* é alocar lógica e sequencialmente ordens nos recursos disponíveis de forma a buscar o melhor resultado de uma atividade.
- *Controlar* implica em confrontar os resultado de determinada atividade com o que para ela foi planejado e, caso necessário, buscar procedimentos corretivos para que as metas sejam atingidas.

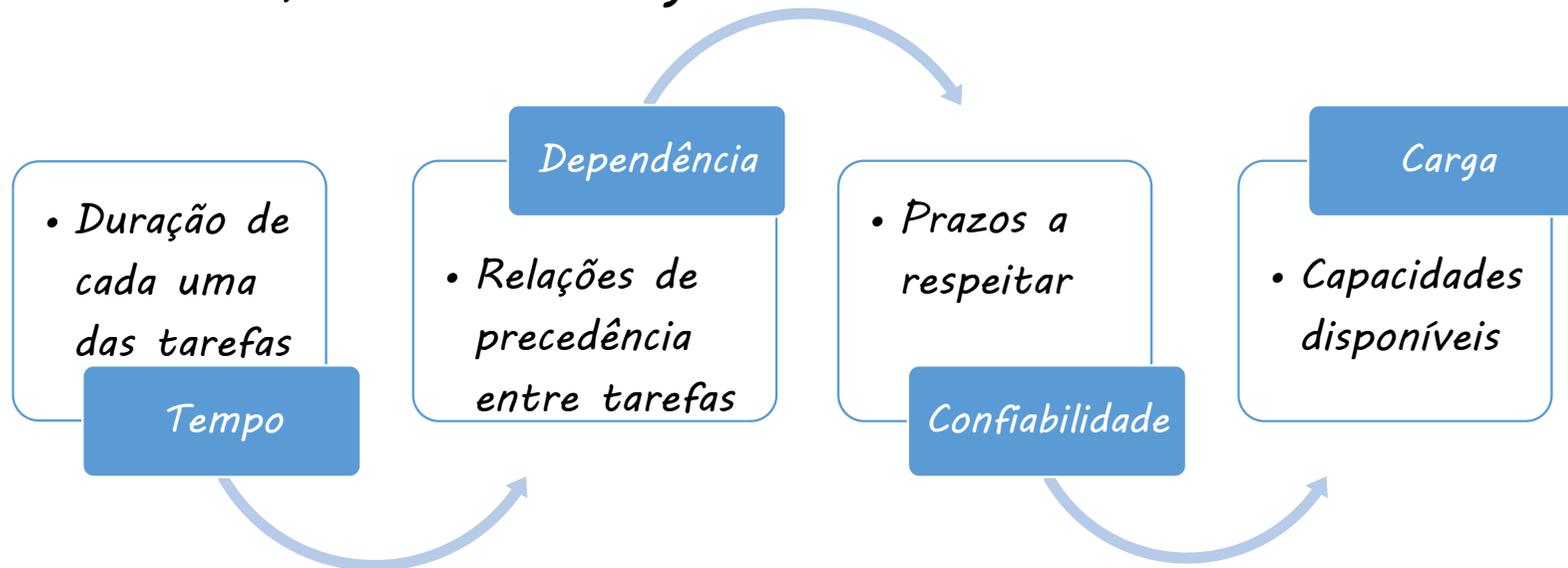
Carregamento

- Entende-se por carregamento a quantidade de tarefas alocadas num recurso em determinado período de tempo.
- Esse carregamento pode ser:



Sequenciamento

- Ordena e distribui as Ordens de Produção nos Centros de Trabalho, de acordo regras baseadas em:



Foco no produto: Tempo de esgotamento

Tempo de Esgotamento (TE): é o tempo que leva para o estoque ser esgotado

$$TE = \frac{\text{Estoque disponível}}{\text{Taxa de consumo}}$$

(unidades)

Taxa de consumo
(unidades/período)

Por exemplo:

$$TE = \frac{3.000}{800} = 3,75 \text{ semanas}$$

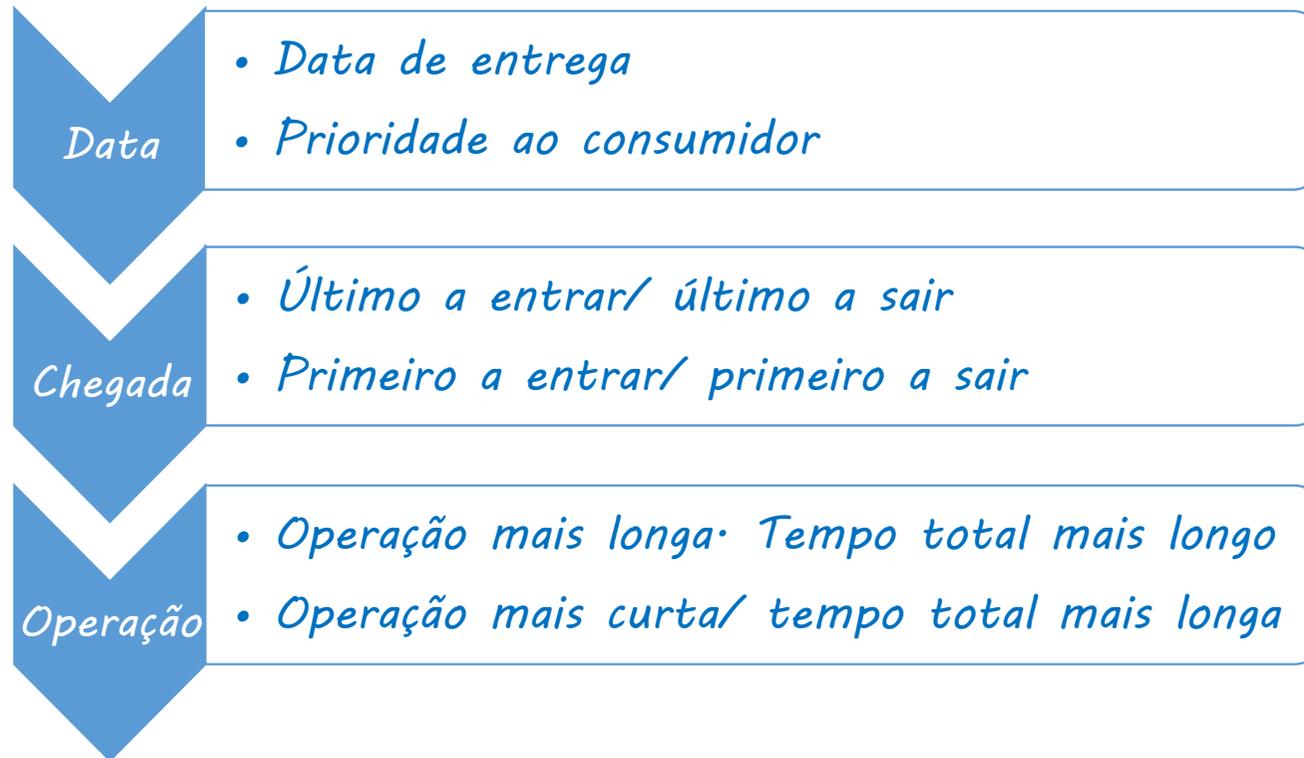
Exemplo:

Sequenciar os produtos de acordo com o Tempo de Esgotamento (agora e após uma semana)

| Produto | LEC | Tempo de fabricação (semanas) | Estoque inicial | Taxa de consumo (unid/sem) |
|---------|------|-------------------------------|-----------------|----------------------------|
| I | 600 | 1,0 | 2600 | 300 |
| II | 2600 | 1,5 | 3000 | 1000 |
| III | 5000 | 1,5 | 5400 | 1400 |
| IV | 4500 | 2,0 | 8200 | 900 |
| V | 1800 | 1,0 | 800 | 600 |

Foco no produto: Regras de sequenciamento

As regras de sequenciamento envolvem fatores como utilização de recursos, serviço ao cliente, custos de produção e outros.



Exemplo

Sejam dadas as seguintes informações sobre a produção de um produto qualquer na tabela abaixo:

| (1) Seqüência de tarefa | (2) Tempo de produção | (3) Tempo de entrega prometido (horas) | (4) Tempo de fluxo (horas) | (5) Atraso (horas) [[4) - (3)] |
|-------------------------------|-----------------------------|--|----------------------------------|---|
| A | 2 | 4 | 2 | 0 |
| B | 5 | 18 | 7 | 0 |
| C | 3 | 8 | 10 | 2 |
| D | 4 | 4 | 14 | 10 |
| E | 6 | 20 | 20 | 0 |
| F | 4 | 24 | 24 | 0 |

Aplique as seguintes regras: “primeiro a entrar, primeiro a ser atendido”, “menor tempo de processamento”, “razão crítica”

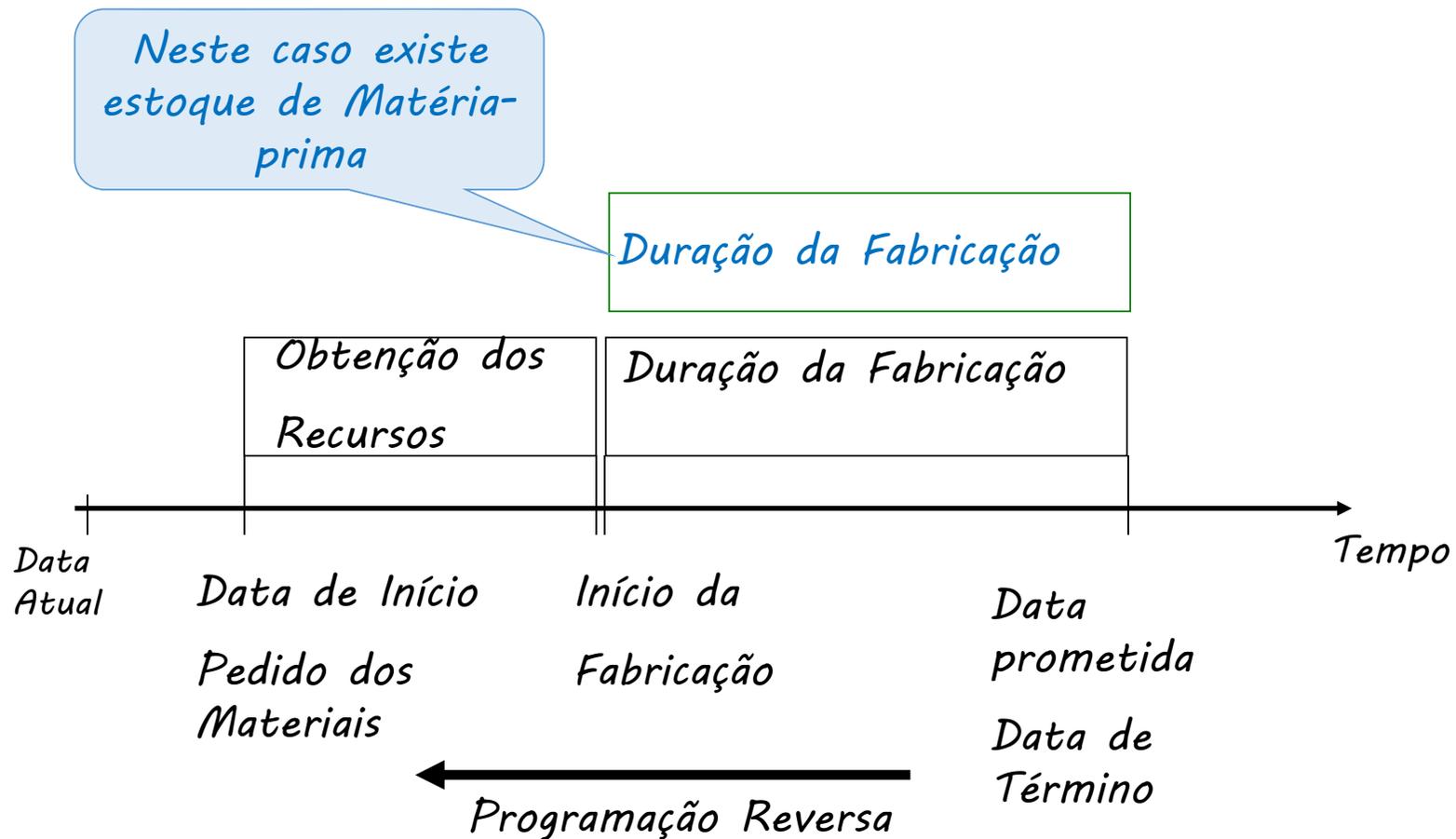
Avalie as três regras usando estes critérios: tempo médio de fluxo, número médio de tarefas no sistema e atraso médio da tarefa

Programação



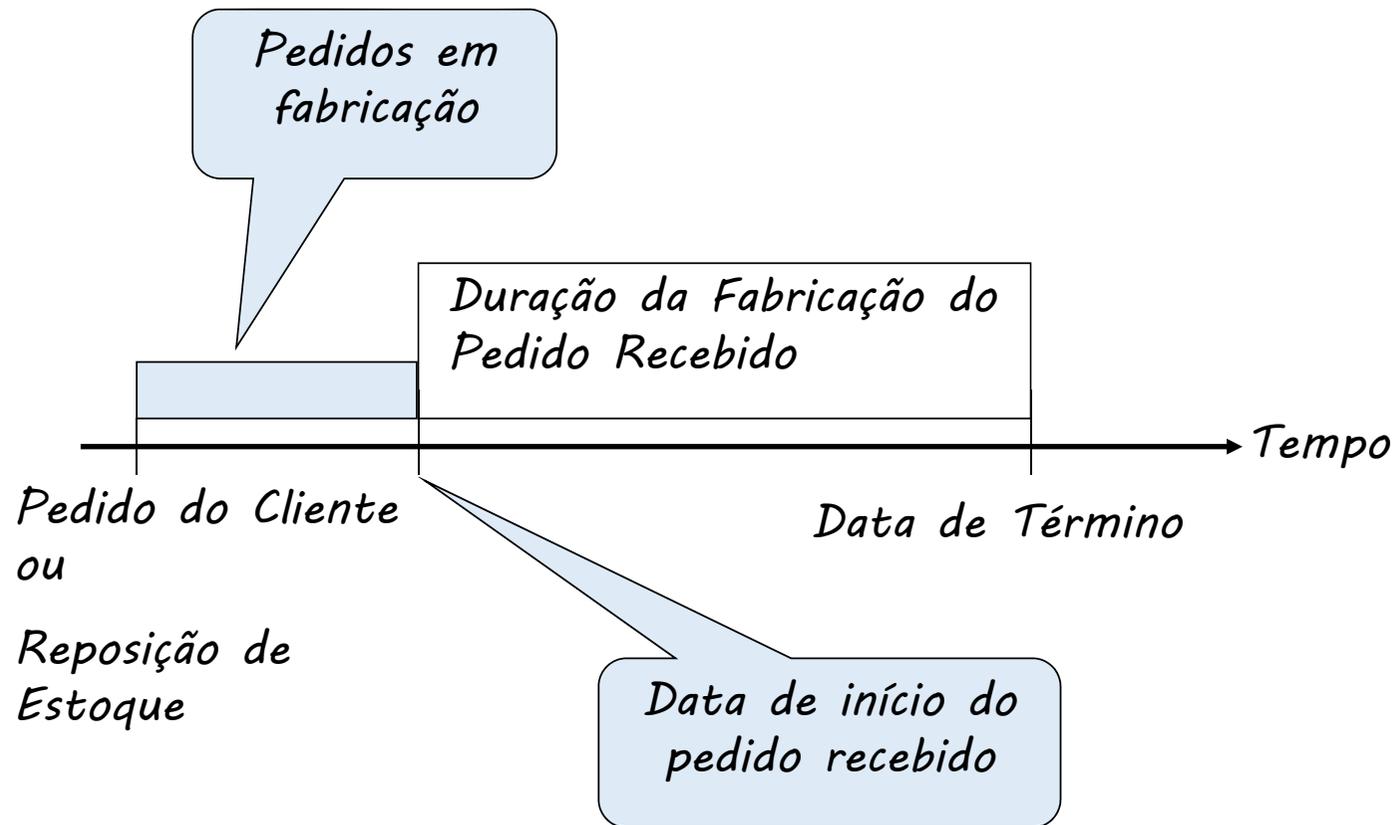
Programação Orientada a Fatores Externos

Cliente estabelece a data de entrega



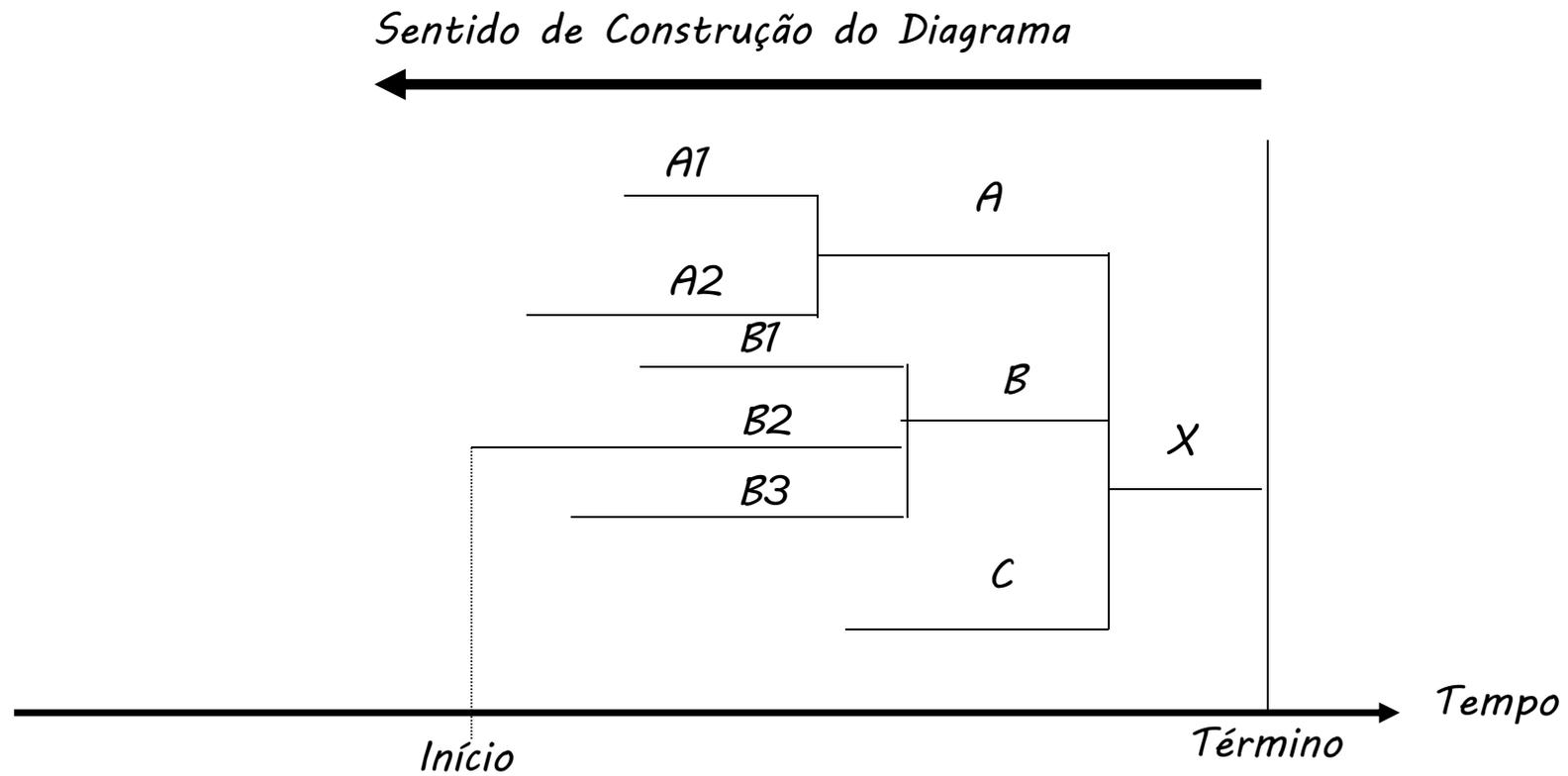
Programação Orientada a Fatores Internos

A empresa define a data de entrega para o Cliente



Técnicas de programação

A) Orientada a Fatores Externos: Diagrama de montagem



Técnicas de programação

B) Orientada a Fatores Internos: Gráfico de Gantt

| <i>Pedido</i> | <i>Sequencia das tarefas</i> | | | | |
|---------------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | <i>1</i> | <i>2</i> | <i>3</i> | <i>4</i> | <i>5</i> |
| <i>5</i> | <i>C3</i> | <i>B5</i> | <i>A5</i> | <i>C4</i> | |
| <i>8</i> | <i>A5</i> | <i>C3</i> | <i>A3</i> | <i>B5</i> | <i>C3</i> |

A programação foi feita seguindo a seqüência:

Primeiro o Pedido 05

Depois o Pedido 08

O que acontece se a seqüência for invertida? Analise:

o prazo de término; e

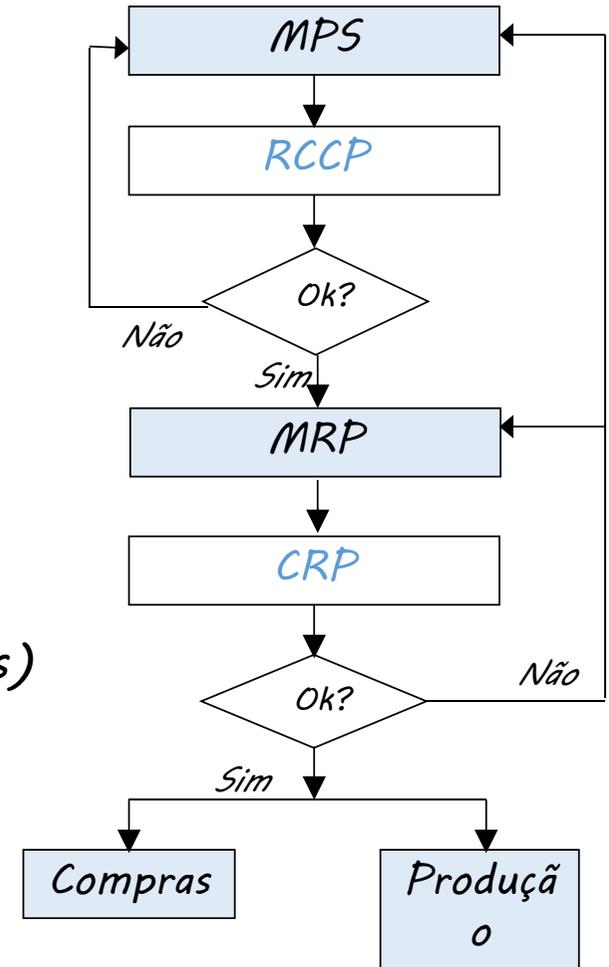
a taxa de ocupação das máquinas

Sistemas MRP-MRP-II-ERP

Definição de MRP

- É um método fasado no tempo (time phased)
- Parte de uma programação de entrega dos produtos finais
- Utiliza o conceito de lote econômico

- Necessidades brutas de produtos (produtos a serem entregues)
- Estrutura do produto
- Lead times dos itens
- Posição dos estoques

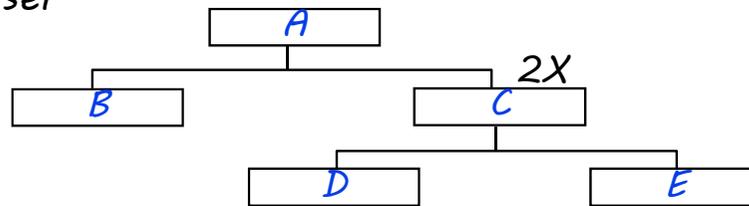


$Necessidades\ Líquidas = Necessidades\ Brutas - Quantidades\ em\ Estoque$

Dinâmica de produção fasada no tempo

Lead Time é o tempo de ressurgimento de um item.

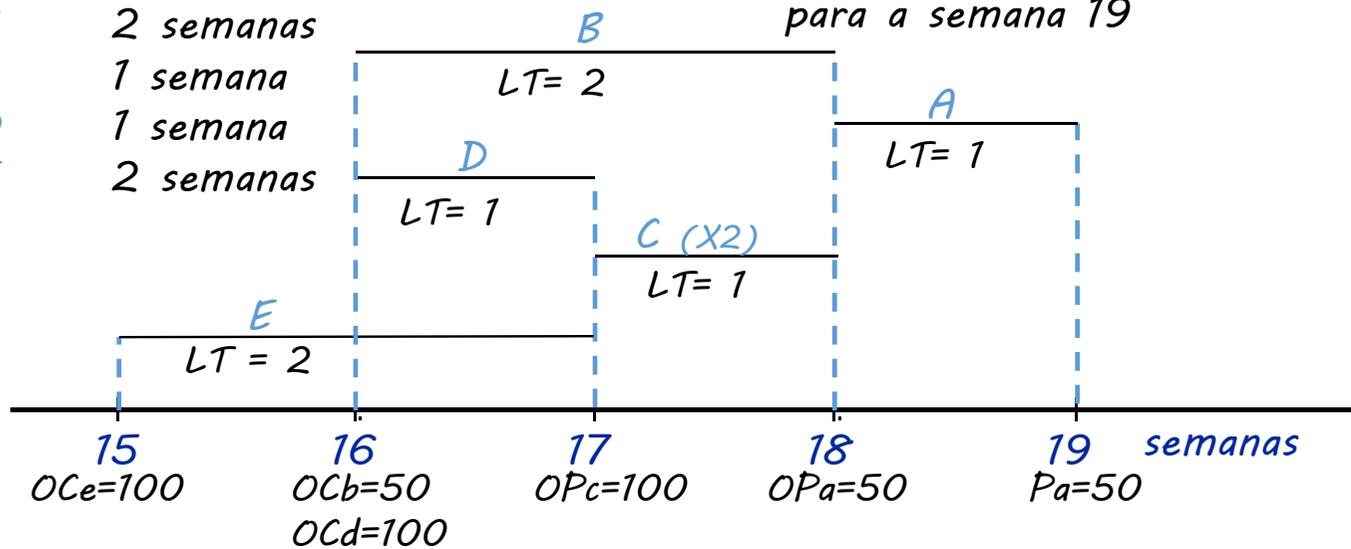
Ex. Produto a ser planejado:



Lead Times:

- A 1 semana
- B 2 semanas
- C 1 semana
- D 1 semana
- E 2 semanas

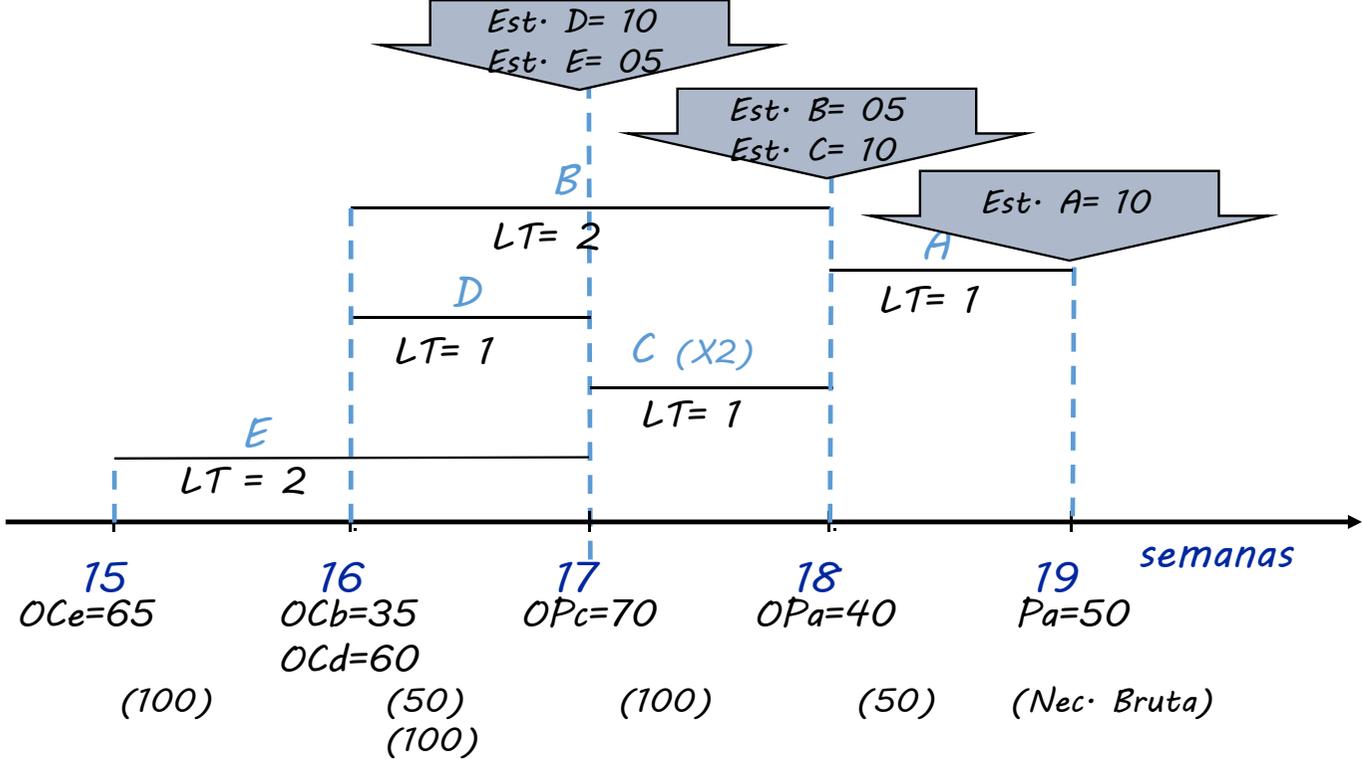
Pedido: 50 unidades de A para a semana 19



Cálculo de Necessidades Líquidas

Exemplo:

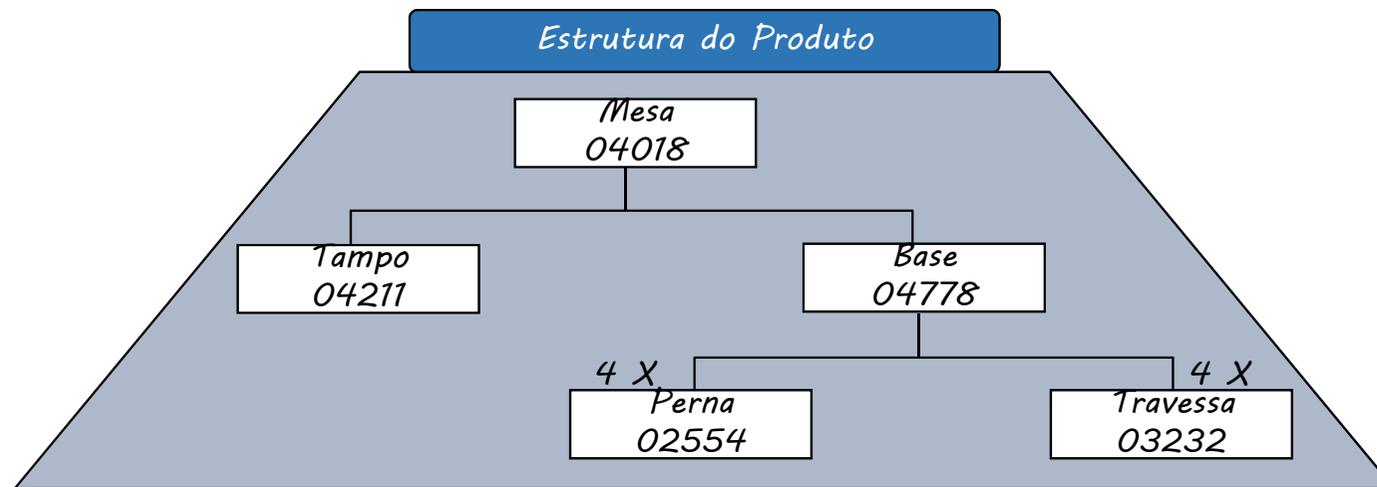
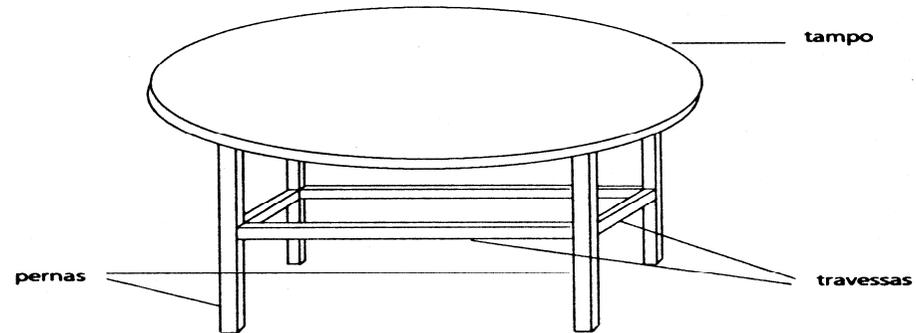
| Item | Semana | Posição do estoque |
|------|--------|--------------------|
| A | 19 | 10 |
| B | 18 | 05 |
| C | 18 | 10 |
| D | 17 | 10 |
| E | 17 | 05 |



Exemplo prático

Faça a programação para frente e para trás da mesa e discuta as implicações de cada uma

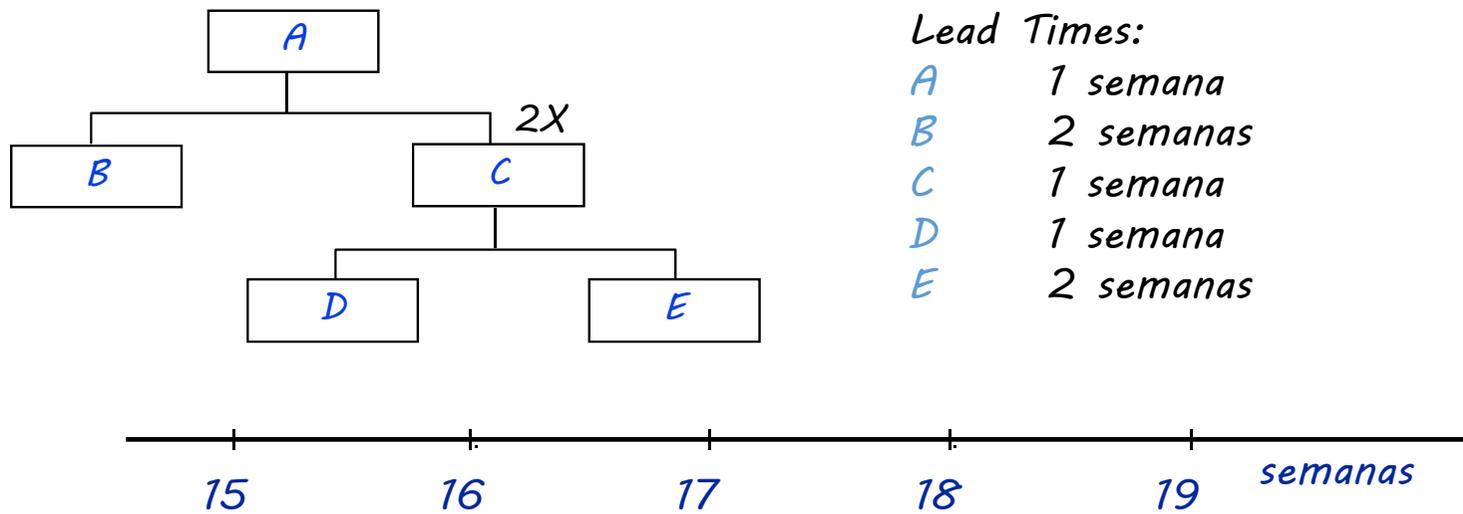
| Lead Times: | |
|---------------------|-----------|
| Montagem da Mesa | 1 semana |
| Montagem da Base | 1 semana |
| Compra das travessa | 1 semana |
| Compra das pernas | 2 semana |
| Compra do tampo | 2 semanas |



- ❖ Programação para frente: a partir da primeira data possível
- ❖ Programação para trás: a partir da última data possível

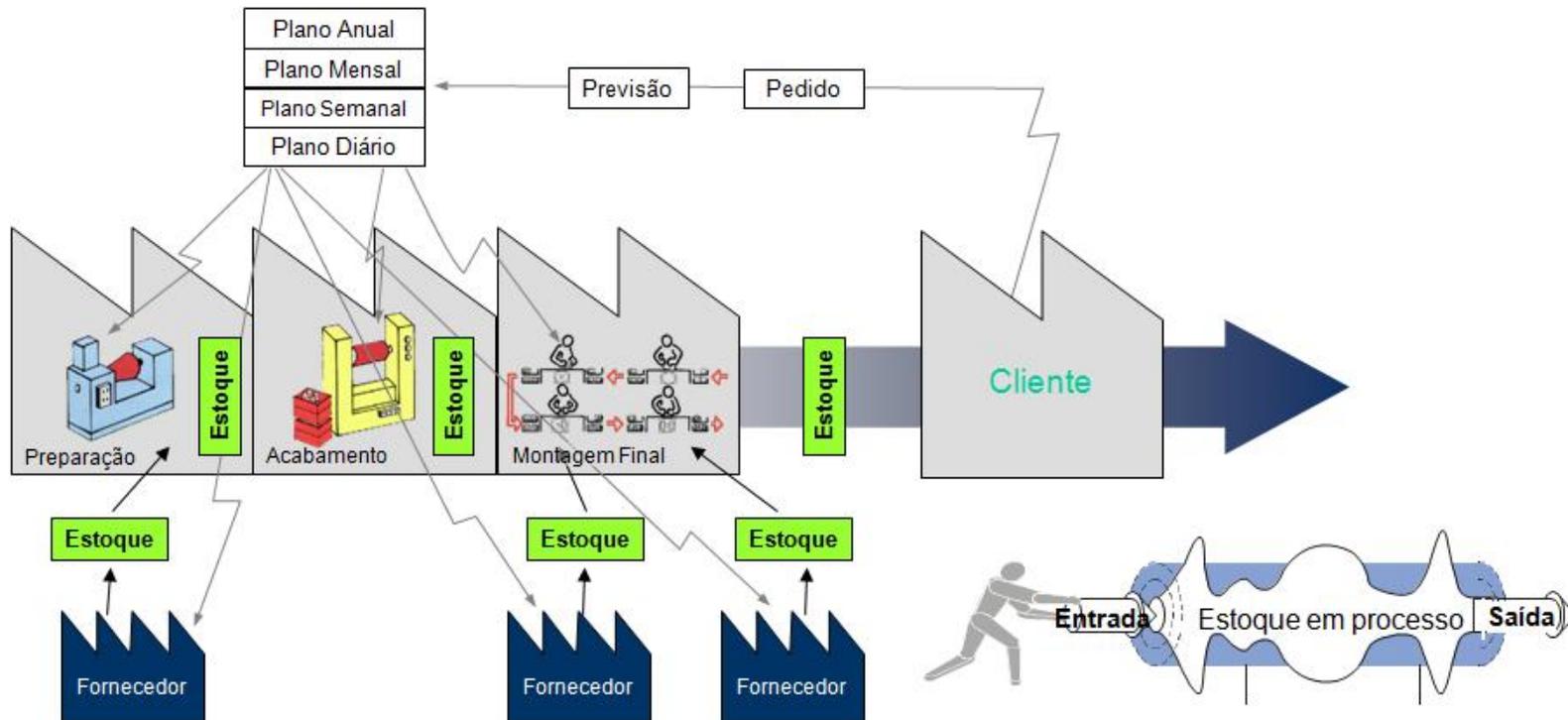
Programação para frente e para trás

Exercício: Faça a programação para frente e para trás do produto A



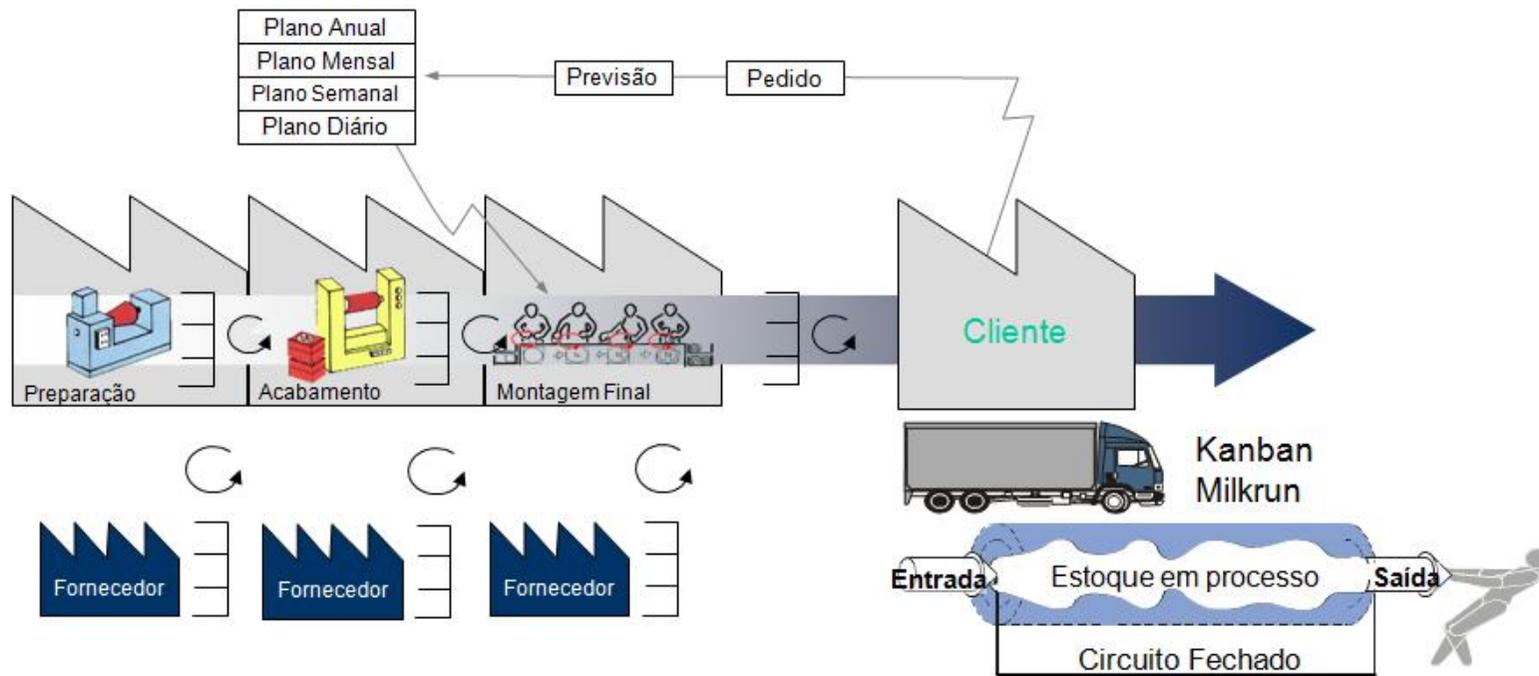
Produção empurrada

Baseada em uma previsão da demanda onde cada processo produz uma determinada quantidade independentemente do consumo do processo seguinte.



Produção puxada

É uma produção controlada pelo consumo realizado no “Processo Puxador” (geralmente o processo seguinte).



Registro do MRP

| | | | | | | | |
|------------------------------|-----|-----|-----|----------------|-----|----------------|-----|
| Necessidades Brutas | | 150 | 150 | 150 | | 300 | 150 |
| Recebimentos Programados | | | | 400 | | 400 | |
| Estoque Projetado Disp. | 320 | 170 | 20 | 270 | 270 | 370 | 220 |
| Plano de Liberação de Ordens | | 400 | | 400 | | | |

Lead Time = 2 períodos
 Tamanho do Lote = 400
 Estoque de Segurança = 0

Estoque atual

Necessidades Brutas: demanda do item durante cada período

Recebimentos Programados: ordens firmes, repondo estoques no início de cada período

Estoque Projetado Disponível: a posição e os níveis ao final de cada período

Plano de Liberação de Ordens: ordens a serem liberadas no início de cada período

Lead Time: tempo entre a liberação da ordem e a disponibilidade do material

Tamanho do Lote: lote mínimo de fabricação/compra

Estoque de Segurança: quantidade mínima a ser prevista no estoque

Formulação do MRP

| <i>Período</i> | <i>P</i> | <i>P+1</i> |
|-------------------------------------|---|------------|
| <i>Necessidades Brutas</i> | | <i>A</i> |
| <i>Recebimentos Programados</i> | | <i>B</i> |
| <i>Estoque Projetado Disponível</i> | <i>C</i> | <i>C'</i> |
| <i>Plano de Liberação de Ordens</i> |  | <i>X</i> |

Lead Time

$$C' = B + C - A$$

$C' \geq$ Estoque de Segurança

Se $C' < ES$ então é gerada Ordem

$$X = A - B - C + ES$$

ou

$$X = \text{Lote mínimo ou}$$

$$X = N \times \text{Lote mínimo (múltiplo de lote mínimo} > A - B - C + ES)$$

Exemplo de MRP

| Período | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------------------------|---|----|---|----|----|---|
| Necessidades Brutas | | 20 | | 50 | 40 | |
| Recebimentos Programados | | | | | | |
| Estoque Projetado Disp. | 5 | | | | | |
| Plano de Liberação de Ordens | | | | | | |

Lead Time = 1 período
Lote mínimo = 30
Estoque de Segurança = 5

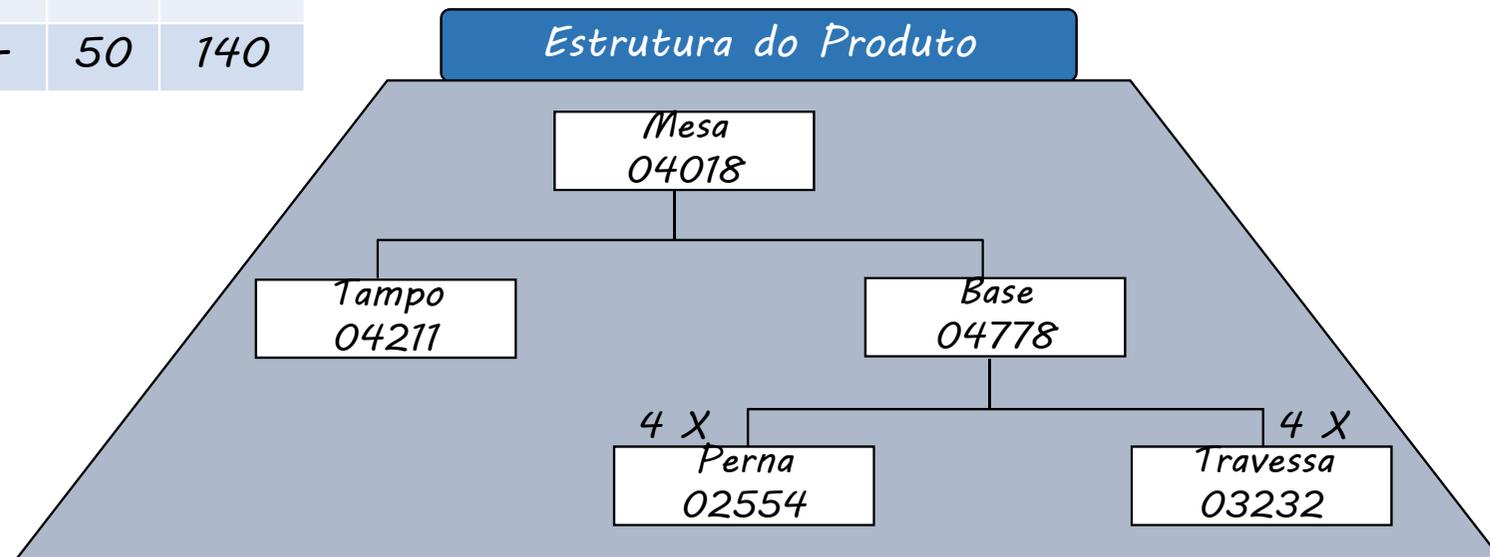
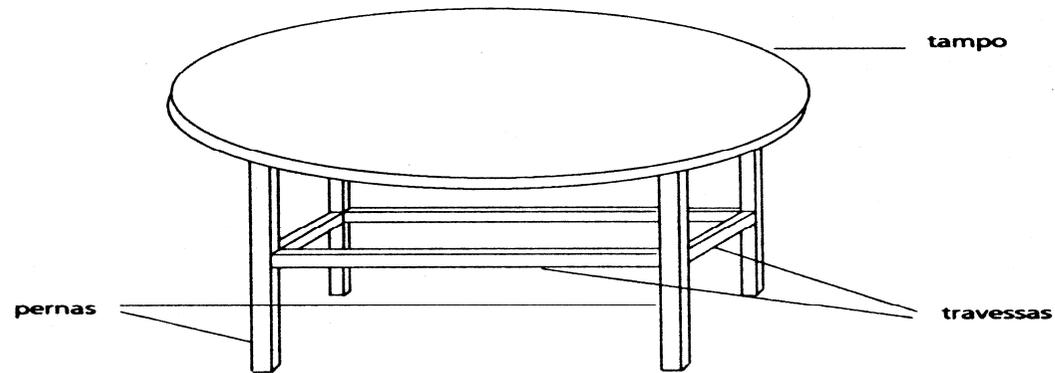
Testando...

| Período | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------------------------|----|----|---|----|----|---|
| Necessidades Brutas | 30 | 10 | | 40 | 15 | |
| Recebimentos Programados | 50 | | | | | |
| Estoque Projetado Disp. | 20 | | | | | |
| Plano de Liberação de Ordens | | | | | | |

Lead Time = 1 período
Tamanho do Lote = 50
Estoque de Segurança = 10

Exemplo prático

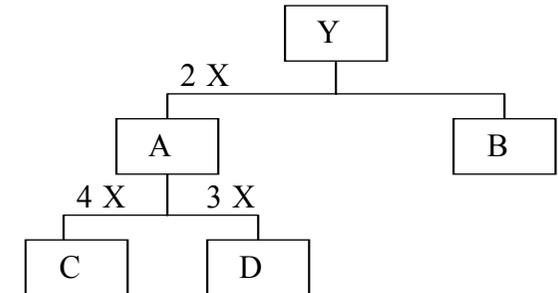
| | LT | ES | Lote | Estoque |
|----------|----|----|------|---------|
| Mesa | 1 | - | - | |
| Tampo | 1 | 15 | - | 45 |
| Base | 1 | - | 20 | 25 |
| Travessa | 1 | - | 50 | 140 |
| Perna | 1 | - | 50 | 140 |



Exercício

Considerando a demanda de Y para as próximas 12 semanas:

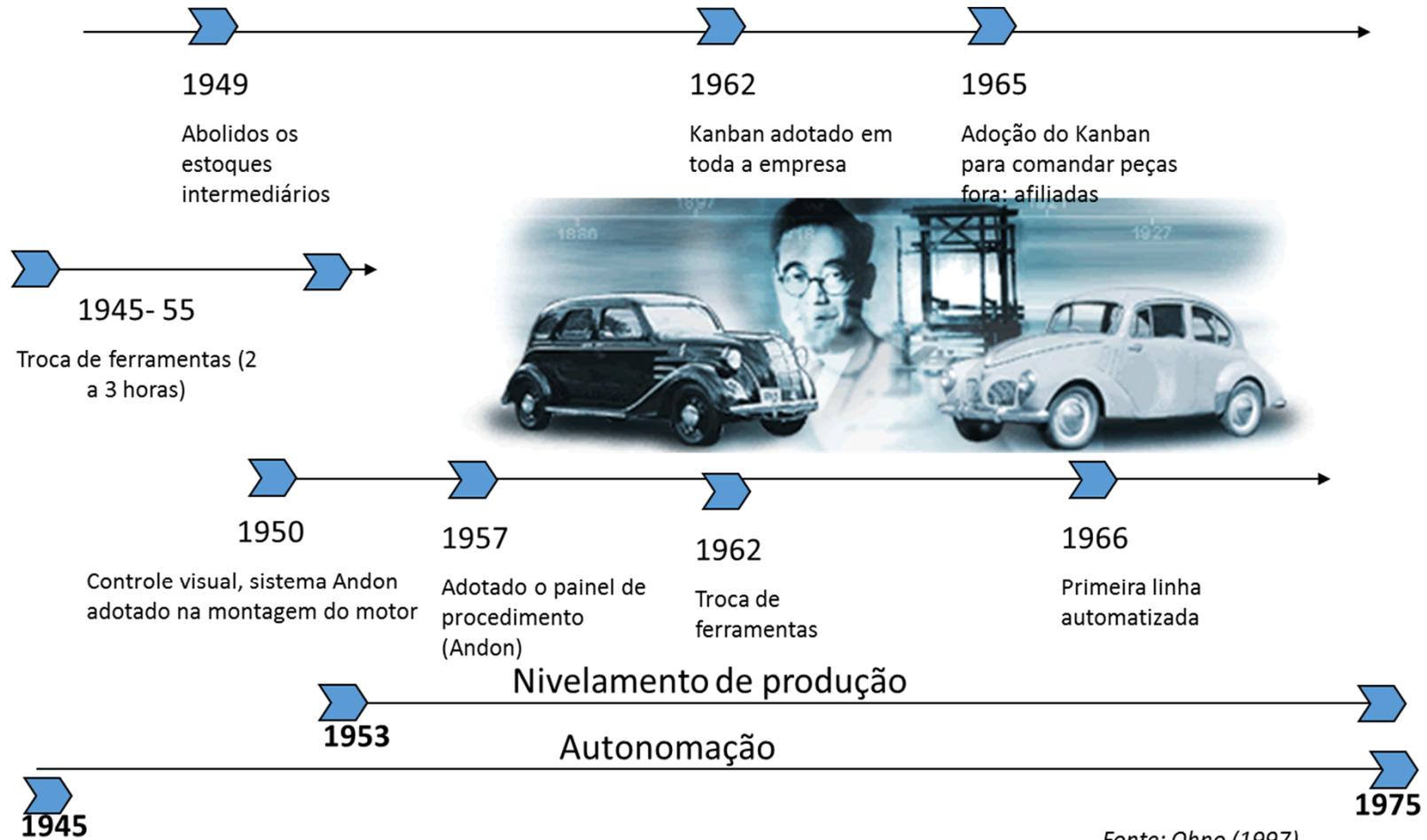
| | | Previsão para as semanas | | | | | | | | | | | |
|---|--|--------------------------|---|---|-----|---|----|----|----|---|-----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Y | | 0 | 0 | 0 | 120 | 0 | 50 | 80 | 90 | 0 | 180 | 80 | 90 |



MPS do produto acompanha a previsão de vendas (MPS é igual ao quadro de previsão). Efetue o Cálculo de Necessidades de Materiais (MRP) para o produto e para os seus componentes, considerando a seguinte tabela:

| | Y | A | B | C | D |
|----------------|-----|-----|----|-----|-----|
| Estoque Atual | 120 | 50 | 50 | 100 | 100 |
| Lead Time | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Est. Segurança | 0 | 0 | 0 | 50 | 100 |
| Lote Mínimo | 140 | 200 | 80 | 600 | 400 |

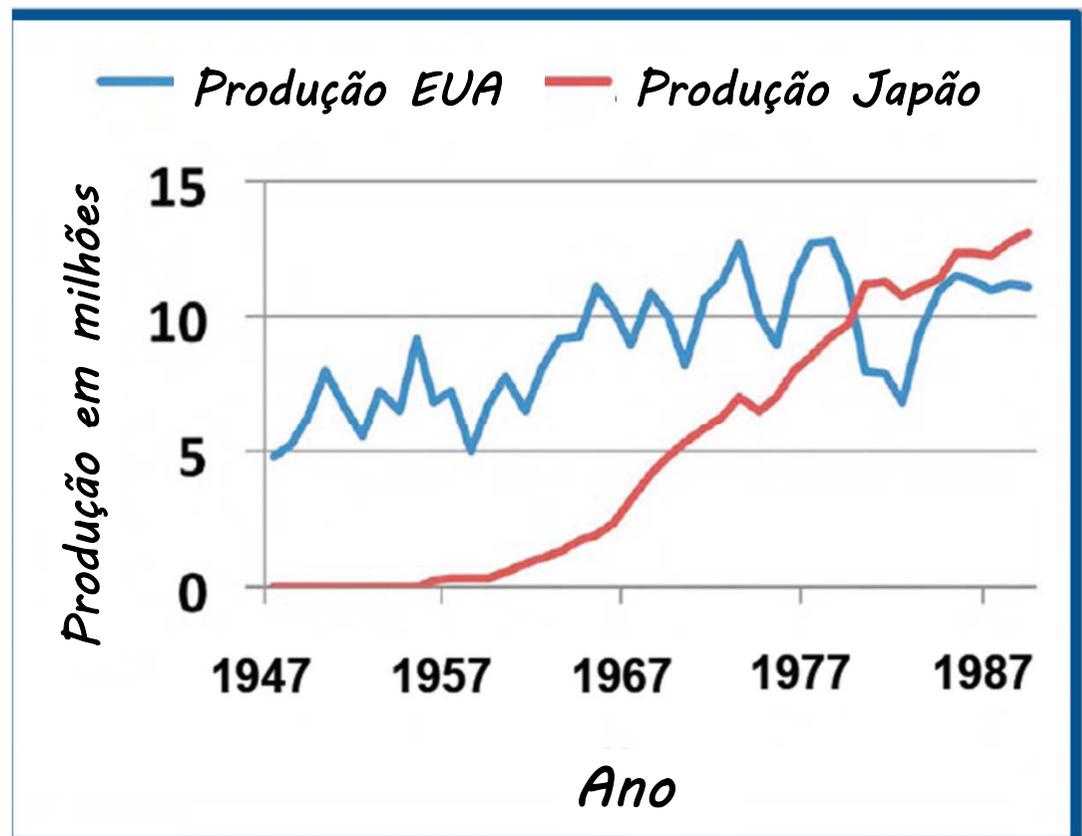
Produção enxuta



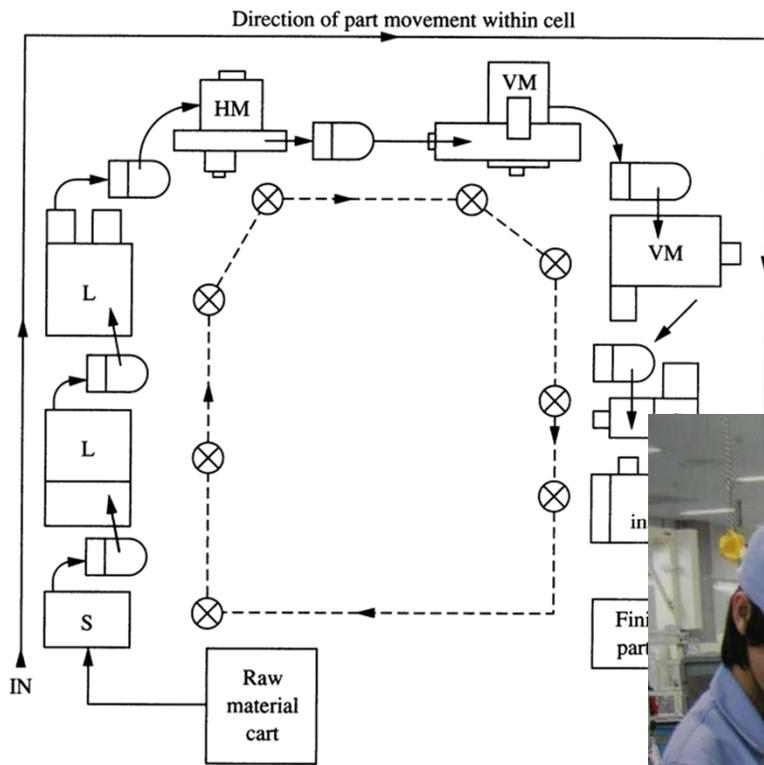
Fonte: Ohno (1997)

Evolução da produção Enxuta

| Índices comparativos entre GM (EUA) e Toyota (Japão) (~1985) | | |
|--|-------|-------|
| | Japão | EUA |
| Produtividade (horas/veículo) | 16,8 | 25,1 |
| Qualidade (defeitos/ 100 veículos) | 60 | 82,3 |
| Estoque (dias) | 0,2 | 2,9 |
| Trabalho equipe | 69,3% | 17,3% |
| Sugestões por empregados | 61,6 | 0,4 |
| Classificações de trabalho | 11,9 | 67,1 |
| Horas de treinamento | 380,4 | 46,4 |



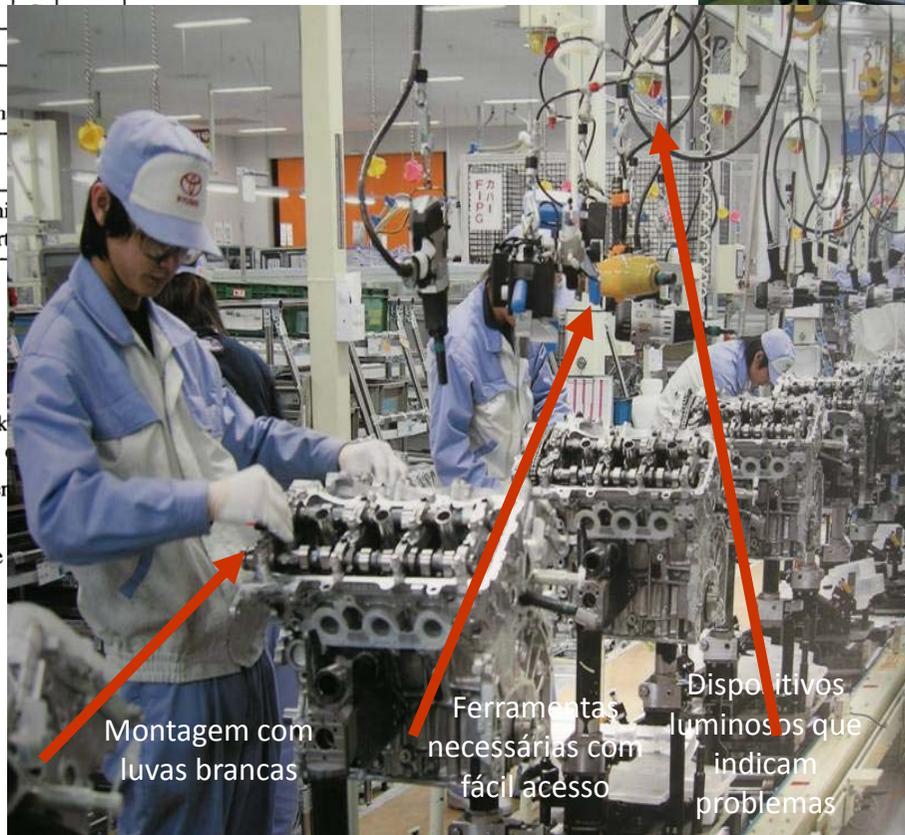
Fonte: MIT (2009)



Key:
 S = Saw
 L = Lathe
 HM = Horizontal milling machine
 VM = Vertical milling machine
 G = Grinder
 ⊗ = Worker positions

--- Path(s) of work moving within cell
 — Material movement within cell
 □ Kanban square (Decoupler)

FIGURE 4.2



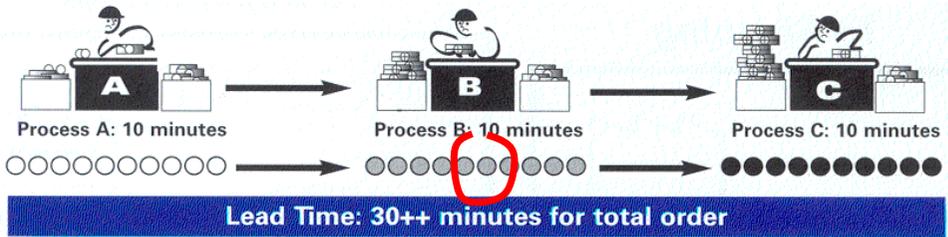
Melhoria contínua: Matriz de capacitação

| Departamento | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 |
|--------------|---------------|-------------|-------|-------|---------|-------|
| Operação | Corte inicial | Ponteamento | Fresa | Dobra | Estampa | Teste |
| Funcionário | | | | | | |
| José | ● | | ● | ○ | ⊙ | |
| Joana | | | ⊙ | | ⊙ | ○ |
| Paulo | ⊙ | | | ● | | ○ |
| Mário | | ○ | | | ○ | |
| Carlos | ⊙ | ⊙ | | | ● | |
| Sandra | | | | | ○ | ○ |
| Tião | | ○ | | ⊙ | | ● |
| Carol | | ● | ⊙ | ⊙ | | ⊙ |

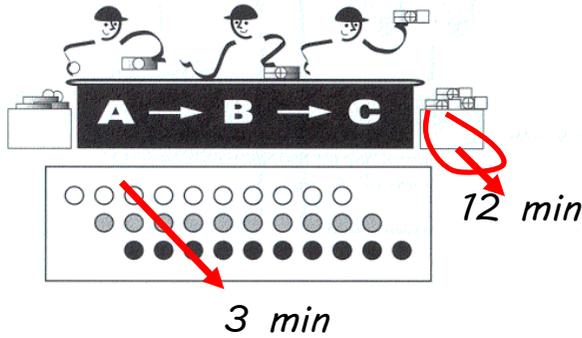
 Restrito
  Treinar
  Treinado
  Pode treinar outros

Processo de fluxo contínuo

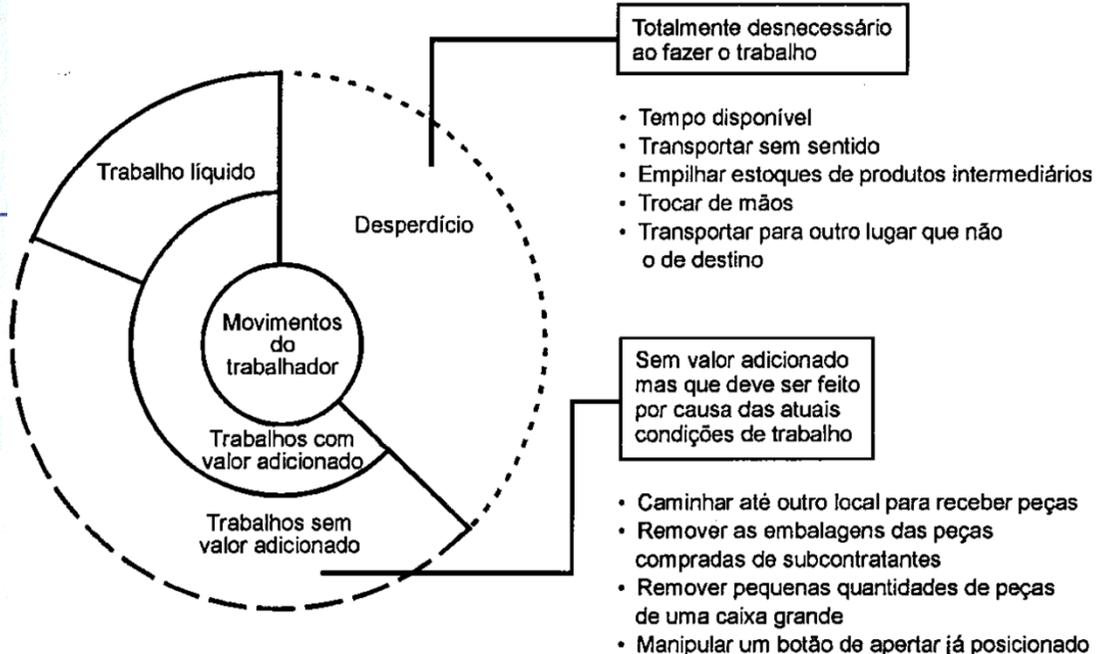
Processo empurrado e por lotes



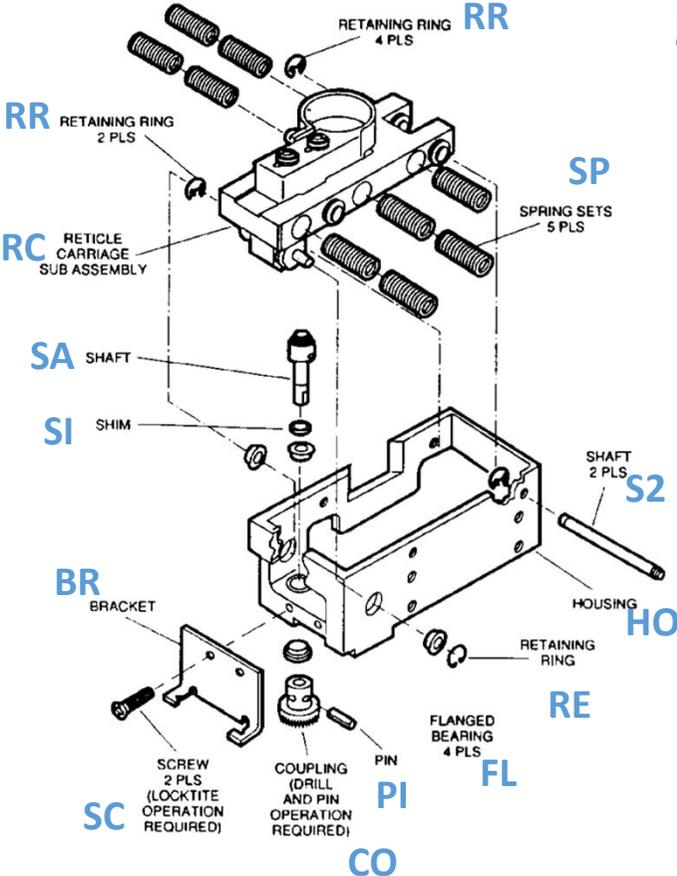
Fluxo contínuo "fabrica um, move um"



Compreendendo a função manufatura

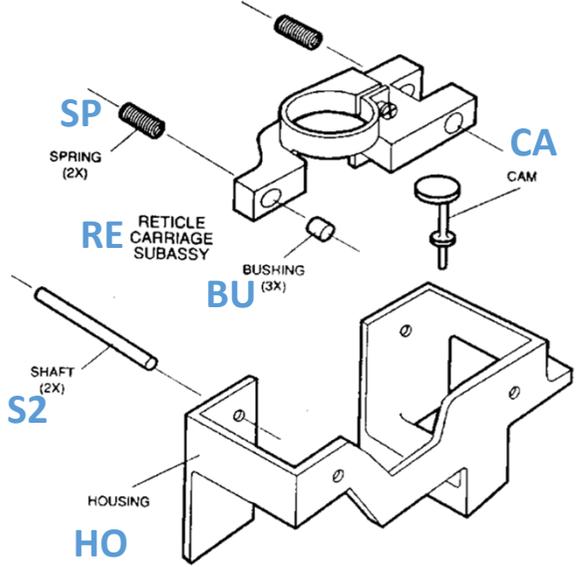
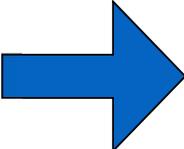


Projeto do produto



Projeto original

DFA – Design for Assembly

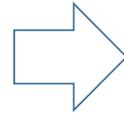


Novo projeto após o DFA

Três perguntas de Taiichi Ohno

Pergunta 1:

Por que uma pessoa na Toyota Motor Company pode operar apenas uma máquina, enquanto que na tecelagem Toyota uma moça supervisiona de 40 a 50 teares?



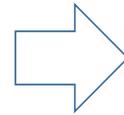
Resposta 1:

As máquinas na Toyota são programadas para parar quando a usinagem é completada.

Consequência: Automação com um toque humano

Pergunta 2:

Porque não podemos fazer um componente Just in time?



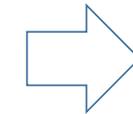
Resposta 2:

O processo anterior os produz tão rapidamente que não sabemos quantos são feitos por minuto

Consequência: Sincronização da produção

Pergunta 3:

Porque estamos produzindo componentes em demasia?



Resposta 3

Porque não existe um jeito de manter baixa ou prevenir a superprodução

Consequência: Controle visual, que conduziu ao kanban

Sistema Kanban

| | |
|------------------------------------|-------------------------|
| <i>Número</i> 4302992 | <i>Quantidade</i> 22 |
| <i>Descrição</i> EIXO PRINCIPAL | |
| <i>Origem</i> CC 115 - CÉLULA B | |
| <i>Destino</i> RETÍFICA | |

| <i>Função do Kanban</i> | <i>Regras para utilização</i> |
|---|---|
| <i>1. Fornecer informações sobre apanhar ou transportar.</i> | <i>1. O processo subsequente apanha o numero de itens indicados pelo kanban no processo precedente.</i> |
| <i>2. Fornecer informações sobre a produção.</i> | <i>2. O processo inicial produz itens na quantidade e sequência indicada pelo kanban.</i> |
| <i>3. Impedir a superprodução e o transporte excessivo.</i> | <i>3. Nenhum item é produzido ou transportado sem um kanban.</i> |
| <i>4. Servir como uma ordem de fabricação afixada às mercadorias.</i> | <i>4. Serve para afixar kanbans às mercadorias.</i> |

Kanban de sinal

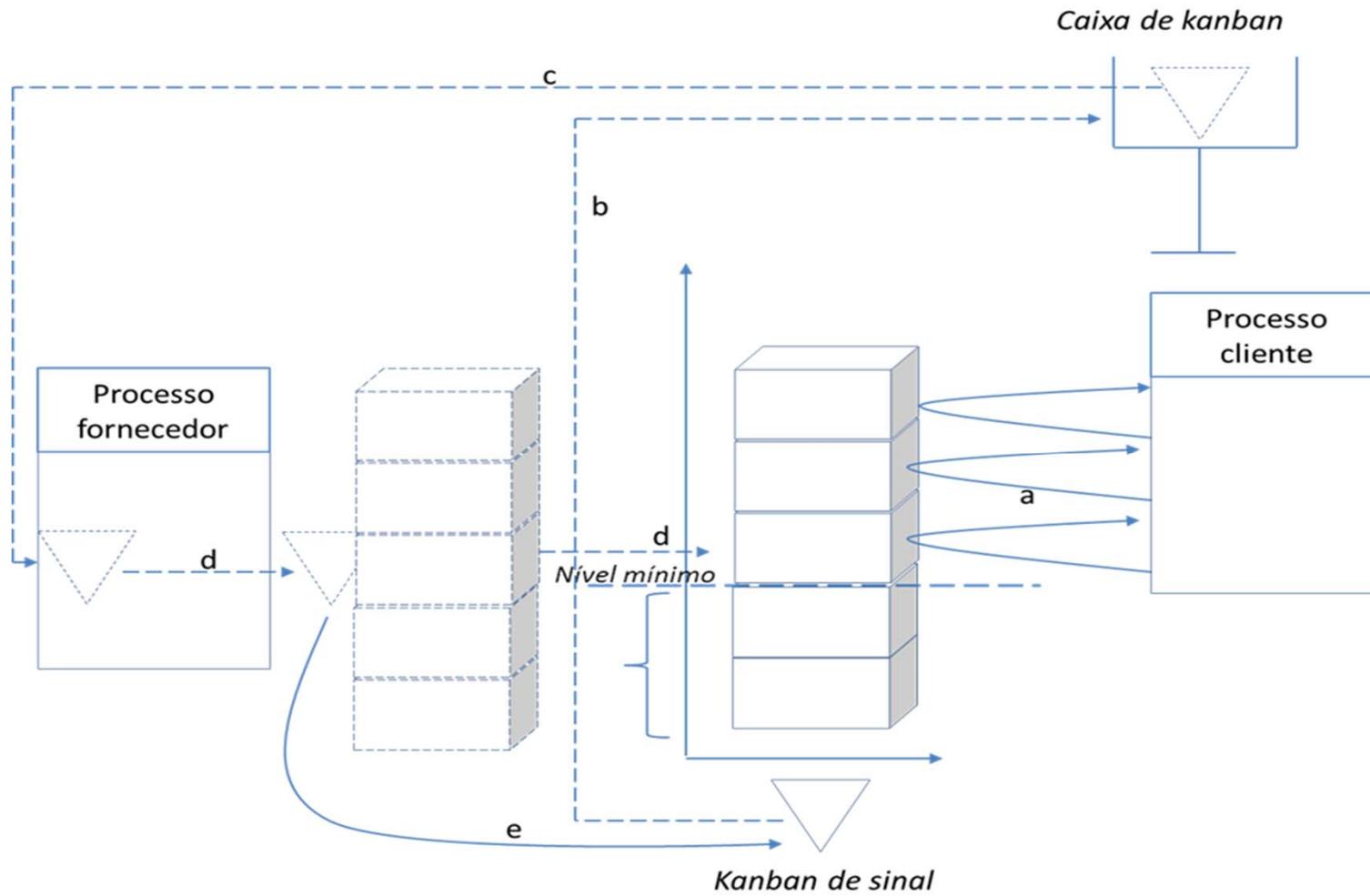


Figura 21: Kanban de sinal

Sistema de 1 kanban

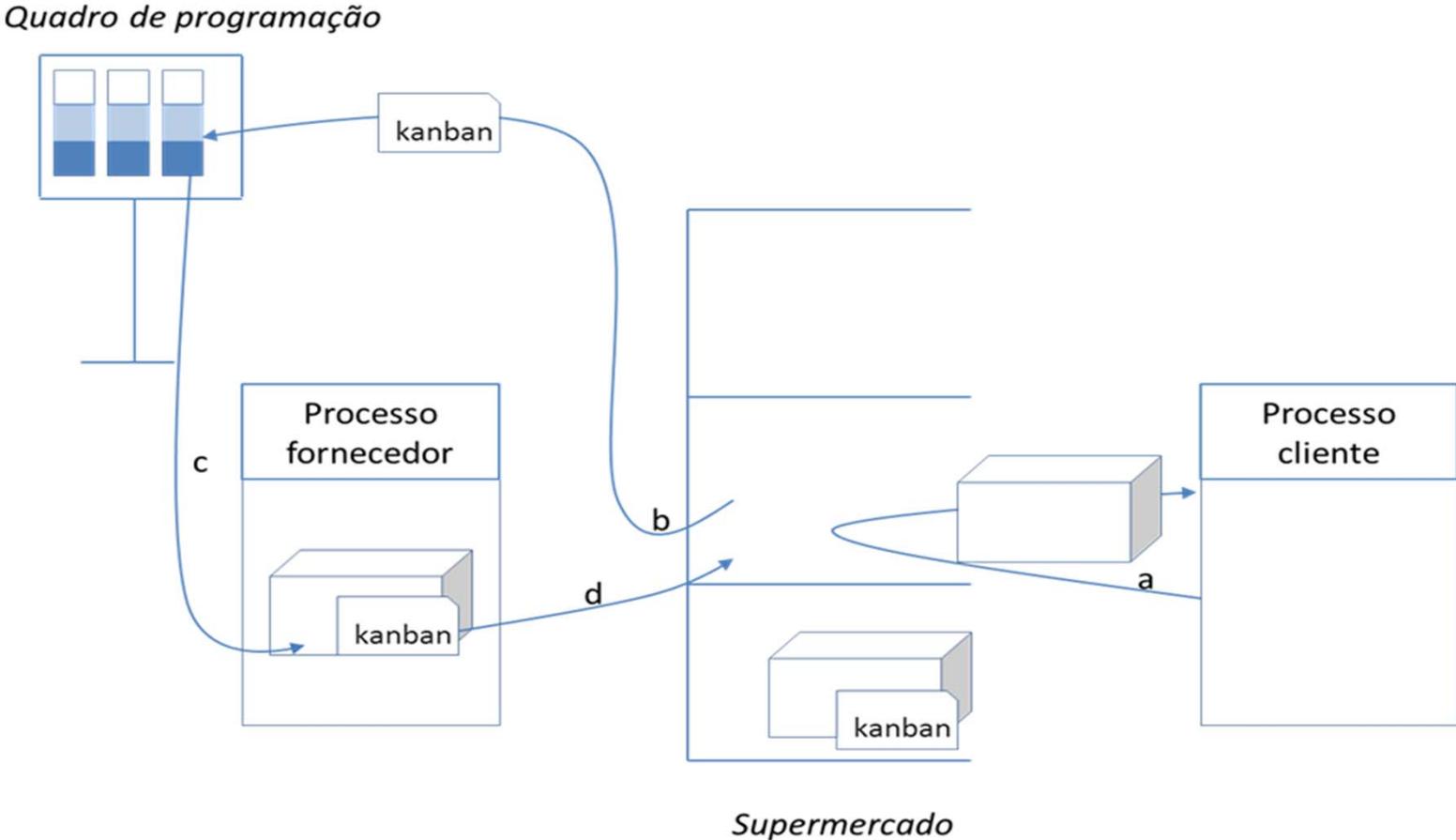


Figura 22: Sistema de 1 kanban. Fonte: Adaptado de: Araújo (2009).

Sistema de 2 kanbans

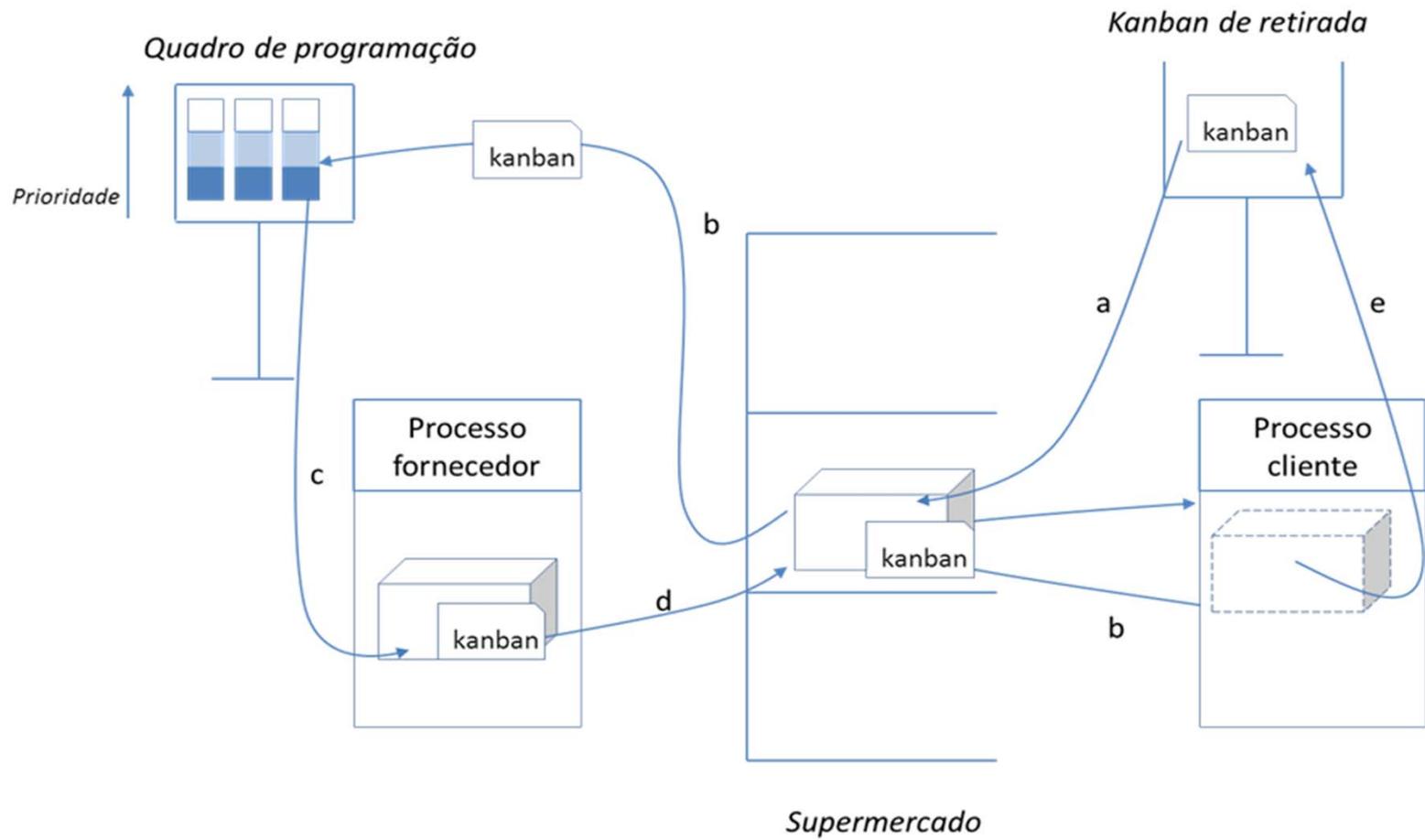


Figura 23: Sistema de 2 kanbans

Exemplos

1. Uma operação de manufatura quer reduzir seu lead time de 12 para 4 dias. Se as tarefas chegam a uma taxa média de 12 por dia e a operação pode produzir um média de 12,083 tarefas por dia, qual nova taxa de produção permitiria um lead time de somente 4 dias? Qual seria a redução do estoque de trabalho em processo com a nova taxa de produção.

2. Há dois centros de trabalho adjacentes, um centro de trabalho seguinte (usuário) e um centro de trabalho antecedente (produtor). A taxa de produção do centro de trabalho usuário é de 175 peças por hora. Cada contêiner kanban padrão contém 100 peças. É necessária uma média de 1,10 hora para que um contêiner conclua o ciclo inteiro desde o momento em que ele sai cheio do centro de trabalho antecedente até que retorne vazio, seja cheio de produtos da produção e saia novamente. Compute o número de contêineres necessário se o sistema kanban tiver uma classificação P igual a 0,25.

Fonte: GAITHER; FRAZIER (2002)