

Gestão da Produção e Operações Raúlio Jorge (2020)

Tema 1 - Introdução à gestão da produção

Bibliografia: Lisboa, José; Gomes, Carlos (2018), Gestão das Operações, Lito, Vida, económicas

Capítulo 1

③ que é a Gestão de Operações?

- No Séc. XX, verificou-se uma natural transferência de conhecimentos de gestão das empresas de natureza produtiva para as empresas com componente de serviços,

Gestão da Produção → Gestão de Operações
("Operations Management")
a.k.a. Gestão Industrial

Transformações de recursos → produtos ou serviços
("inputs") ("outputs")

2 grandes temas - Questões de natureza estrutural e estratégico
Tratado aqui → - Questões relacionadas com o planeamento e controlo das atividades diárias

2 abordagens importantes } = just in Time (JIT)
 Ma gestão de operações } - Gestão pela qualidade-fatal (GQF)

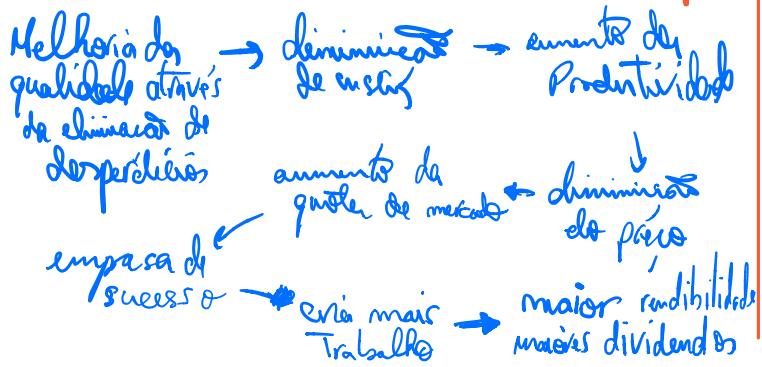
JIT

- Producir apenas as quantidades de produto que são necessárias
- e só conseguir que se encontram disponíveis no momento certo
- Stocks são considerados desperdícios

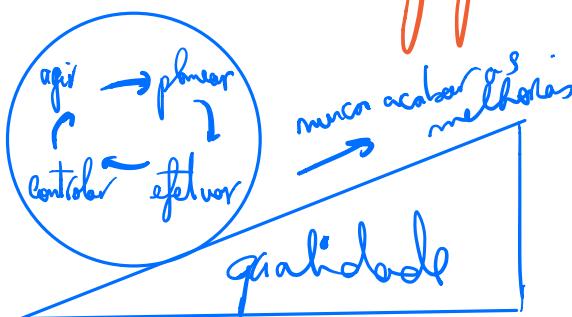
GQF

- 14 Princípios de Deming, responsabilizando os gestores e os trabalhadores por maus resultados.
- Qualidade - aspecto abrangente de uma empresa e nas operações do produto

Cadeia reativa de Deming



Círculo de Deming para as melhorias



Competitividade

(modo de a empresa conseguir satisfazer as necessidades dos consumidores, em concorrência com os seus concorrentes, de modo a sobreviver)

Preço

Diferenciação

Tempo de Produção

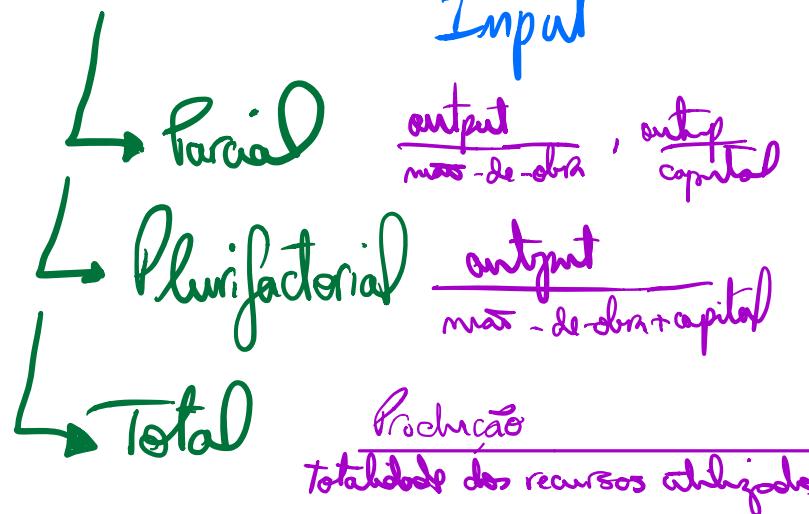
Qualidade

Flexibilidade

estratégia (conjunto de objetivos de longo prazo e de procedimentos de ação e de aferição dos recursos necessários para atingir esses objetivos, Alfred Chandler)

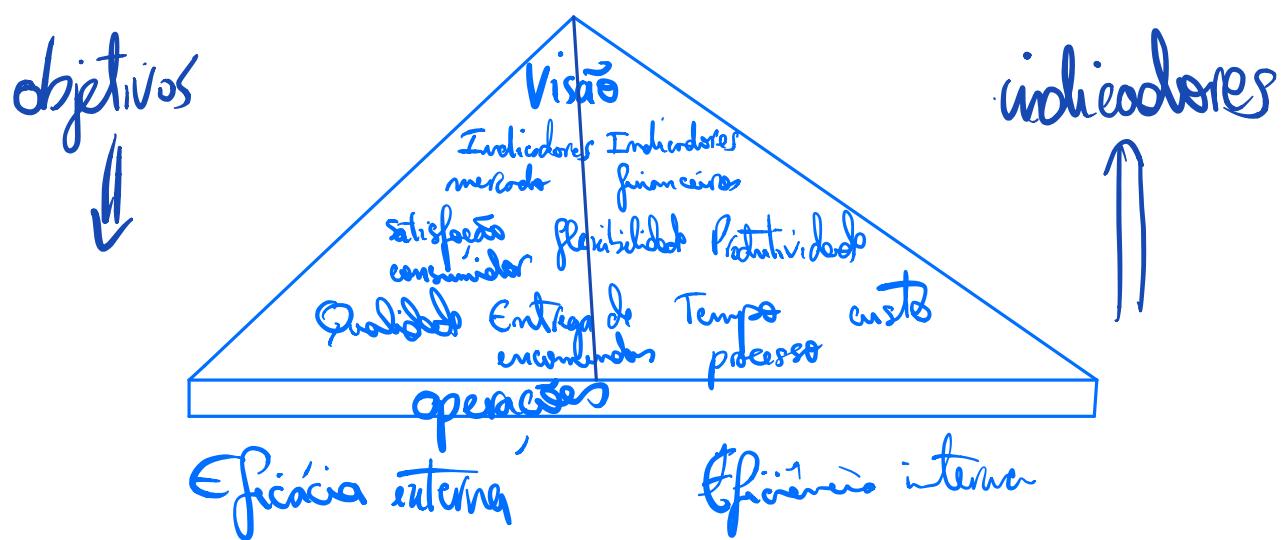
Medição de Performance

- Produtividade = $\frac{\text{Output}}{\text{Input}}$



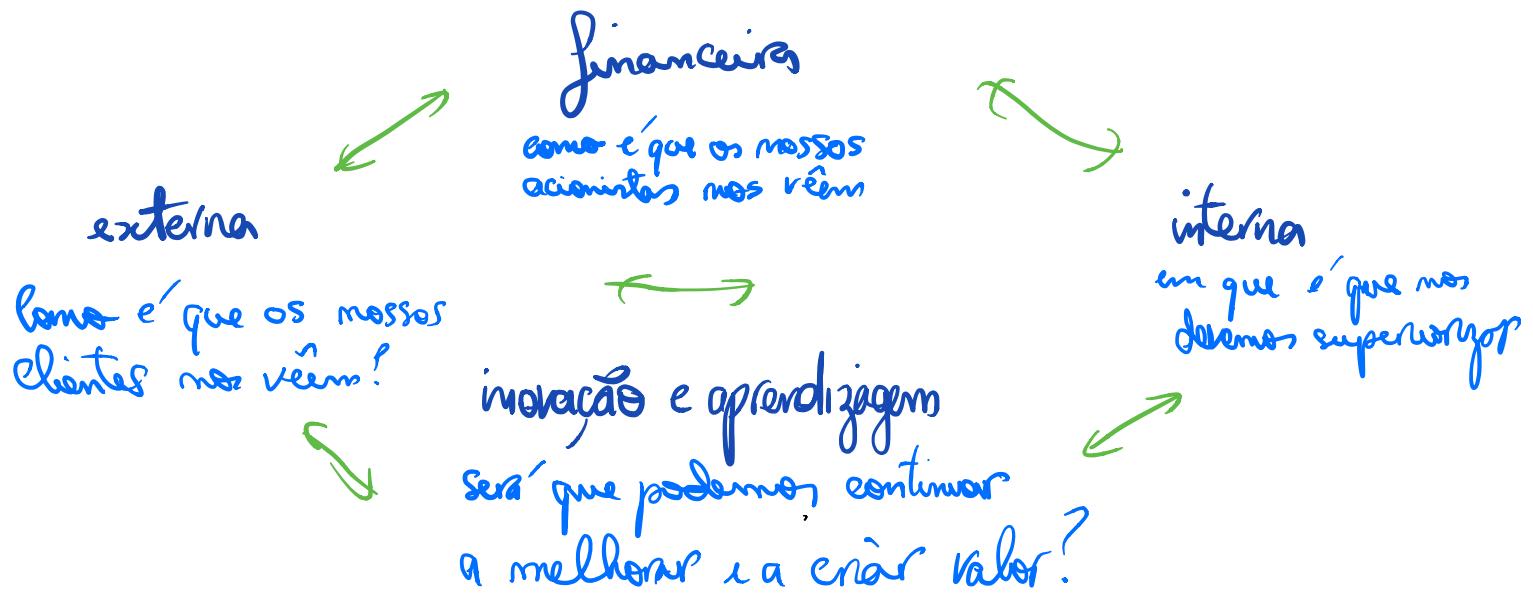
Modelo SMART

strategic measurement analysis and reporting technique

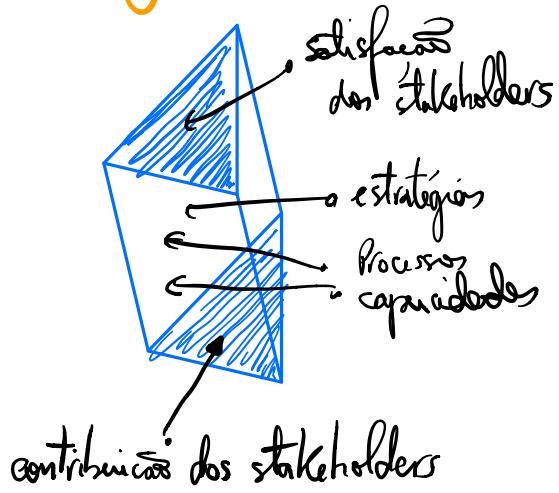


Modelo BSC "Balanced Scorecard"

Perspectivas:



Modelo Performance Prism



Tema 2 - Previsões da procura

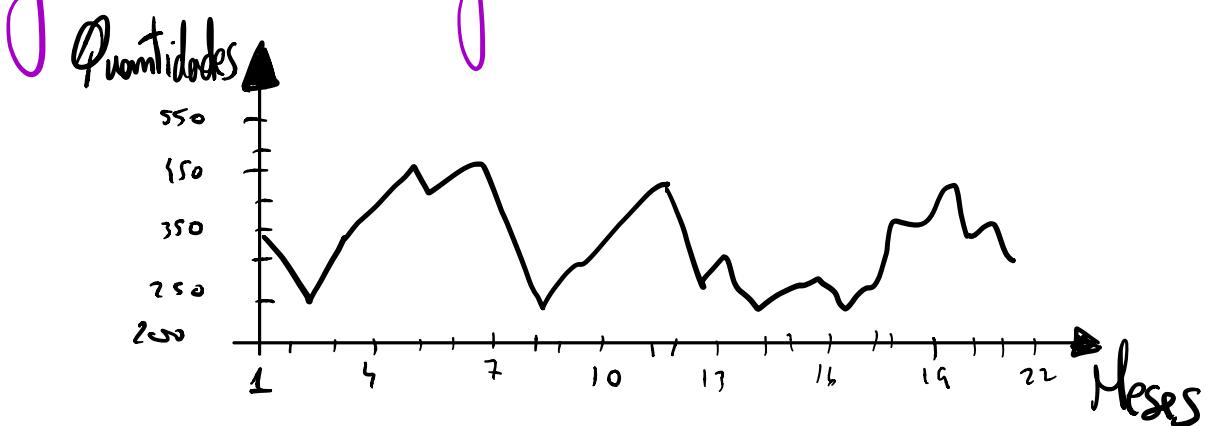
Bibliografia: Lisboa, José; Gomes, Carlos (2018), Gestão das Operações
Brito, Vidas económicas

Capítulo 2

Fases de implementação de um processo de previsão

- Definir o período de previsão
- Identificar as características da série temporal de vendas
- Escolher o modelo que se melhor adapta a essa série
- Implementar uma metodologia de acompanhamento e controlo

Gráficos de séries temporais de vendas



→ série aleatória sem nenhum comportamento identificável
→ Componente cíclica / sazonal / tendência

Exemplo



Componentes:



- Indicadores possíveis para o erro associados à diferença entre a componente aleatória da série temporal aos resultados previstos pelos modelos de previsão

$$RSFE = \sum_{t=1}^n (D_t - F_t)$$

Previsões da prava
Pravada

(running sum of forecast errors)

$$MFE = \frac{\sum_{t=1}^n (D_t - F_t)}{n}$$

(mean forecast error)

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |D_t - F_t|}{n}$$

(mean absolute deviation)

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n |D_t - F_t|^2}{n}$$

(mean square error)

Modelo aceitável:

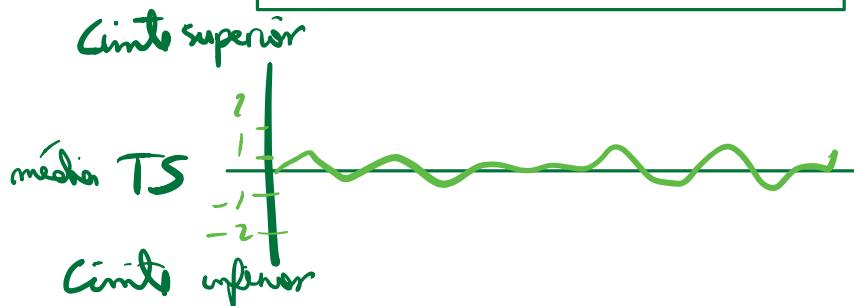
$$\frac{|D_t - F_t|^2}{4} < MSE$$

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|D_t - F_t|}{D_t}$$

(mean absolute percent error)

$$TS = \frac{RSFE}{MAD}$$

(tracking signal)



Modelos de previsão com base em técnicas quantitativas

(da procura)

Método de Delphi

Painel de especialistas respondem a um questionário para avaliar o impacto e as consequências da realização de um dado acontecimento.

- Objetivo - chegar a um consenso (~ 4 rounds)

Pesquisa de Mercado

Utilização de questionários

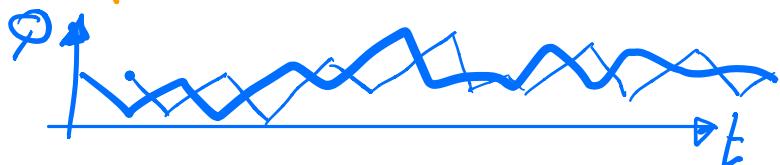
Informações dos Vendedores

Estes conhecem bem os clientes mas podem ser enganados

Modelos de previsão com base em técnicas quantitativas

Previsão com base no valor da procura anterior

$$F_{t+L} = D_t$$



■ Baseado na média dos valores históricos da procura

Método das Médias - $F_{t+1} = \frac{D_t + D_{t+1} + \dots + D_{t-(n-1)}}{n}$
(Moving average method)

Ponderações - $F_{t+L} = w_1 D_t + w_2 D_{t-1} + \dots + w_n D_{t-(n-1)}$
 $w_1 + w_2 + \dots + w_n = 1$

■ Modelo de Alisamento Exponencial Simples

$$S_t = \alpha D_t + (1-\alpha) S_{t-1}, \quad 0 \leq \alpha \leq 1$$

$$F_{t+1} = S_t$$

↓
Previsão da procura

S_t
↓
média alisada

↓
constante
de
alisamento
(escollidas de
modo a
minimizar
o MAD)

■ Modelo de Holt

para tendências crescentes ou decrescentes

$$S_t = \alpha D_t + (1-\alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}), \quad 0 \leq \alpha \leq 1$$

valor da tendência no período t $T_t = b(S_t - S_{t-1}) + (1-b)T_{t-1}, \quad 0 \leq b \leq 1$

$$F_{t+1} = S_t + T_t, \quad F_{t+L} = S_t + L T_t$$

número de períodos entre t e presente

■ Modelos de Duplico Alisamento Exponencial

- $S_t = \alpha D_t + (1-\alpha) S_{t-1}$, $0 \leq \alpha \leq 1$
- $S'_t = \alpha S_t + (1-\alpha) S'_{t-1}$
- $Inct = \frac{\alpha}{1-\alpha} (S_t - S'_t)$
- $M_t = 2S_t - S'_t$
- $F_{t+1} = M_t + Inct$
- $F_{t+L} = M_t + L \times Inct$

■ Cálculo dos Índices de Sazonalidade

Período considerado sazonal = I_t

Calculada através da "média das médias"
$$M = \frac{I}{P} \rightarrow$$
média das médias
relativas mês

Índices sazonais $I_j = \frac{\bar{d}_j}{M} \rightarrow$ média dos trimestres homólogos

Número de períodos em cada ano

Exemplo

Ano	Quadrimestres			Itais
	1	2	3	
n	229	221	301	751
n-1	455	352	470	1277
n-2	580	510	590	1680
Total	1264	1083	1361	3708
Médias	421,33	361	453,67	T = 1236
Indizes	1,02	0,98	1,10	

■ Eliminação da Tendência

I) Determinar a regra representativa da tendência

Método dos mínimos quadrados: $\min \sum_{t=1}^n |D_t - (a + bt)|^2$

$$\frac{\partial Q}{\partial a} = 0, \frac{\partial Q}{\partial b} = 0 \Rightarrow \begin{cases} a = \bar{D}_t - b\bar{t} \\ b = \frac{\sum tD_t - n\bar{t}\bar{D}_t}{\sum t^2 - n\bar{t}^2} \end{cases}$$

T_t - Tendência

W_t - movimentos sazonais

C_t - " cíclicas

ε_t - " aleatórios

$$\Rightarrow D_t = F(T_t, W_t, C_t, \varepsilon_t)$$

$$\simeq T_t \times W_t \times C_t \times \varepsilon_t$$

substituindo $\rightarrow D_t' = D_t / T_t$

■ Modelo de Holt para as séries com sazonalidade

$$S_t = a \underbrace{\frac{D_t}{I_t}}_{D'_t} + (1-a)(S_{t-1} + T_{t-1})$$

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

$$F_{t+1} = (S_t + T_t) I_{t+1}$$

$$F_{t+L} = (S_t + LT_t) I_{t+L}$$

■ Modelo de Winter

$$S_t = a \left(\frac{D_t}{I_t} \right) + (1-a)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad 0 \leq a \leq 1$$

índice sazonal

$$T_t = b(S_t - S_{t-1}) + (1-b)T_{t-1} \quad 0 \leq b \leq 1$$

$$I_{t+m} = c \left(\frac{D_t}{S_t} \right) + (1-c)I_t \quad 0 \leq c \leq 1$$

sazonalidade

$$F_{t+1} = (S_t + T_t) I_{t+1}$$

$$F_{t+L} = (S_t + LT_t) I_{t+L}$$

■ Modelos com base no método dos mínimos quadrados

● Método do Raio da Tendência ("Ratio to Trend Method")

1) Ajustar reta de regressão simples à procura histórica

$$D_t' = a + bt$$

2) $I_t' = D_t / D_t'$

3) Média dos índices resultantes que correspondem a períodos homólogos (valores mudos - índices sazonais)

4) $F_t = \bar{I}_{t-1} \times D_t'$

● Método do Raio das Médias Móveis

1) Calcular I_t , 2) D_t / D_t' 3) D_t'

$$\text{e/ } F_t = Y_6 \times I_t$$

Tema 3 - Produção: escalonamento e planeamento agregado

Bibliografia: Lisboa, José; Gomes, Carlos (2018), Gestão das Operações
Porto, Vida económica

Capítulo 3 e 6

Capítulo 3 - Planeamento agregado da produção (PAP)

Objetivo: otimização da capacidade produtiva da empresa de modo a satisfazer temporariamente a procura prevista (qualidade, satisfação de clientes, cumprimento de prazos)

Determinar • volumes de produção
↓ • mão de obra
no curto prazo • volume de subcontratação
(6/12 meses) • nível das existências em armazém } de forma a minimizar os custos da empresa

Servir de enquadramento ao mestre de produção
(master planning)

Processo de elaboração de planos agregados

- Definir as variáveis de decisão
- Determinar os períodos de planeamento
- Traduzir a capacidade produtiva numa unidade de medida (hora-fábrica)
- Determinar a estrutura de custos da empresa
- Utilizar o método de planeamento mais eficaz

Técnicas PAP

- puras (uma variável / fator produtivo)
- mistas (duas ou mais variáveis)

(exemplo: mão de obra + nível de existências)

Pura Mista

Exemplo de ajustamento com estratégia pura (Capacidade = dias x 8 horas x # trabalhadores)

Mês	Dias disponíveis	Procura prevista	Produção	Capacidade disponível	Capacidade exigida	Horas Extra	Horas em excesso
Janeiro	22	3500	3500	4224	3500	-	124

724 horas
de trabalho desperdiçadas

$$\text{Variação de existências} = \text{Produção} - \text{Procura}$$

Mês	Dias disp.	Procura	Produção	Existências Iniciais	Existências Finais	Médias	Unidades Repartidas
Janeiro	22	3500	4224	100	824	462	-

Estratégia mista - esgotar os recursos produtivos por ordem crescente do seu custo até satisfazer a procura prevista do período em causa.

Modelos de Planeamento Agregado de Produção

→ A regra de decisão linear

a.k.a.
LDR (Linear decision rule)

a.k.a.
HMMS (Holt, Modigliani, Muth, Simon)

Objetivo: minimizar o custo total $C_n = \sum_{t=1}^N C_t$

$$\text{Com } C_t = \underbrace{C_1 W_t}_{\substack{\text{mão de obra} \\ \text{regular}}} + \underbrace{C_2 (W_t - W_{t-1})^2}_{\substack{\text{despedimento} \\ \text{e contratações}}} + \underbrace{C_3 (P_t - C_4 W_t)^2}_{\substack{\text{mão de obra} \\ \text{extraordinária}}} + C_5 P_t - C_6 W_t + C_7 (I_t - C_8 - G(O_t))^2$$

erros com as existências

$$\text{sujeito a } I_t - I_{t-1} - P_t + O_t = 0$$

nível das
existências
finais

↓
Produção
planeada

↓
Previsão
da procura

C_k : constantes

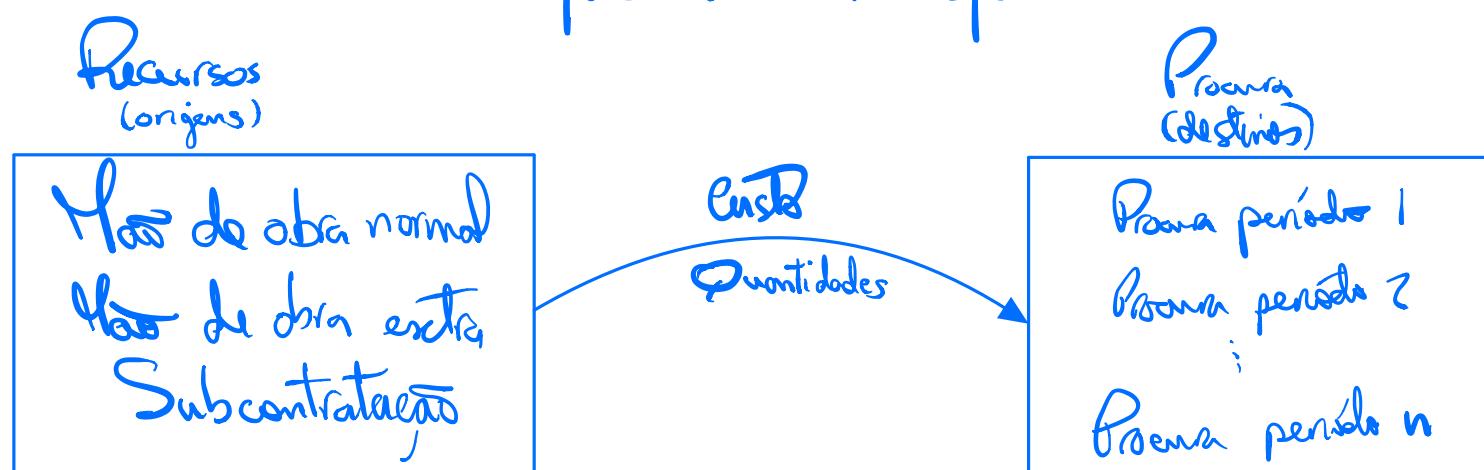
- Soluções determinadas através dos métodos de minimização:
Multiplicadores de Lagrange
pelos regras lineares

$$P_t = (\alpha_1 O_{t+1} + \alpha_2 O_{t+2} + \dots) + a_1 W_{t-1} - a_2 I_{t-1} + a \rightarrow \text{nível de mao de obra}$$

$$W_t = (\beta_1 O_{t+1} + \beta_2 O_{t+2} + \dots) + b_1 W_{t-1} - b_2 I_{t-1} + b \rightarrow \text{volume de produção}$$

⇒ Modelos de Transporte de Bowman

Esquema de Transporte



$$\text{Minimizar } CT \text{ (custos de produção)} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^3 \sum_{k=1}^n C_{ijk} X_{ijk}$$

+ Restrições de recursos + Restrições da procura

(Problema de programação linear)

Método do simplex: inefficiente dado o grande número de restrições

Métodos de duas etapas:

- (1) Solução básica inicial
- (2) Otimalidade da solução encontrada

①

- Método de canto do noroeste
- Método do custo mínimo
- Método de Vogel

(exemplos no livro)

②

- Método de Stepping Stone
- Método de Dantzig

→ Modelos de Programação por Objetivos

- Linearizar as funções quadráticas propostas por HMMs
- Resolver pelo método Simplex

$$\text{Minimizar: } \sum_{i=1}^n [C_1 - C_6 W_i + C_5 P_i + C_9 L_i^+ + C_7 L_i^- + C_{10} M_i^+ + C_{11} M_i^- + C_{12} N_i^+ + C_{13} N_i^-]$$

$$\text{Sujeito a: } W_i - W_{i-1} + L_i^+ - L_i^- = 0$$

$$P_i - C_4 W_i + M_i^+ - M_i^- = 0$$

$$I_i - C_8 + N_i^+ - N_i^- = 0$$

$$D_i - I_{i-1} - P_i + D_i = 0$$

⇒ A regra de decisão linear com taxa de obra constante

Movimento Organizativo + Gestão pela qualidade Total

+ Importância das trabalhadoras
↓
enfase na segurança de emprego

Decisão linear + taxa de obra constante

↳ Modelo LCM (Labor Constrained Model)

$$C_n = \underbrace{C_2 (W - h_f - c_i)^2}_{\text{custo da atraso}} + \sum_{t=1}^N C_t, \text{ s.a. } P_C = Q_T - I_T - I_B$$

custo da atraso

da taxa de obra

NO INÍCIO DO PERÍODO DE PLANEAMENTO

⇒ Modelo heurístico de Vergin

↳ Modelo com fatores simbólicos, variáveis dependentes no tempo

⇒ A regra de decisões por busca (SDR-search decision rule)

Função objetivo que descreve os custos da empresa

$$C_n = f(P_1, W_1, P_2, W_2, \dots)$$

⇒ Planeamento paramétrico de produção (PPP)

SDR + regras de decisão para determinar W_t e P_t

⇒ Modelo heurístico dos níveis de produção
(PSH - production switching heuristic)

$$P_t = \begin{cases} L & F_t - L_{t-1} \leq L - C \\ H & F_t - L_{t-1} \geq H - A \\ N & \text{outro} \end{cases}$$

fácil, prática

→ três níveis de produção permitidos

⇒ Modelo de decisões simultânea para produção, marketing e financeiras

Relacionamento entre a produção e outras áreas funcionais

↳ Simultaneous decision model for production, marketing and finance

Capítulo 6 - Escalonamento de produção

→ Determinar a sequência mais conveniente no processamento de um conjunto de encomendas de modo a otimizar um determinado critério considerado relevante na performance organizacional.

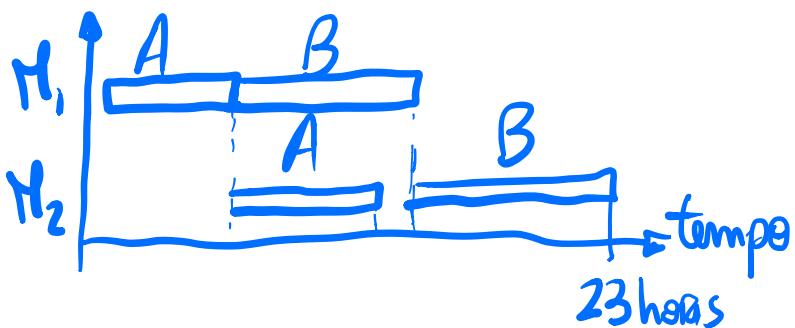
■ Conjunto de algoritmos que permitem a obtenção de sequências de fabrico ótimas e sistemas de produção simples

- dadas n encomendas com diferentes tempos de transformação, datas de entrega e fluxos de produção, qual a sequência ótima?
- Critérios:
 - tempo médio de fabrico
 - tempo de paragem das máquinas
 - tempo médio de atraso de uma encomenda
 - tempo médio de espera de processamento de encomendas
 - comprimento médio das filas de espera
- Fatores:
 - o # encomendas
 - o # máquinas
 - o fluxo de fabrico
 - o critério
 - o ritmo de chegada das encomendas

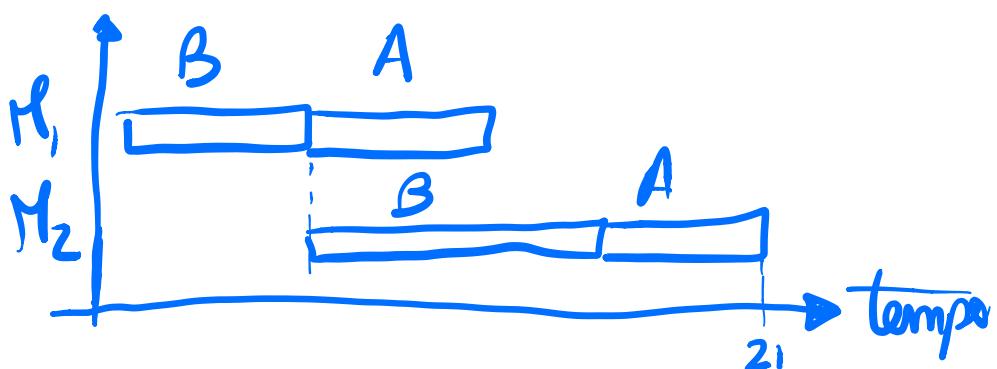
exemplos

encomendas	máquinas (horas)	
	M_1	M_2
A	7	5
B	6	10

① [A, B]



② [B, A]



sequência ② demora menos tempo!

Regras de prioridade mais conhecidas

estáticas ↔ dinâmicas

FCFS
(first come first served)

LPT
(longest processing time)

CR
(critical ratio)

EDD
(earliest due date)

PCO
(preferred customer order)

• menor data entry
tempo transf.

SPT
(short processing time)

RS
(random selection)

Regra de Johnson para minimizar o tempo total de fabricação
com 2 máquinas, M_1 e M_2 criterio

1. Elaborar uma lista com os tempos de transformação
2. Selecionar encomenda com o menor tempo de fabricação
3. Se for em $M_1 \rightarrow$ colocar na sequência a mais cedo possível
4. Se for em $M_2 \rightarrow$ " " " " " " tarde possível
5. Se existirem 2 em critério igual \rightarrow arbitrio
6. Eliminar itens da parte 1, repetir 2 e 3

Tema 4 - Métodos de gestão de projetos

Bibliografia: Lisboa, José; Gomes, Carlos (2018), Gestão dos Projetos, Vida, económicos

Capítulo 7

Capítulo 7 - Planeamento e controlo de projetos "Gestão de projetos"

Condicionantes de um projeto

- performance
- custo
- tempo
- (- expectativa)

Projeto

- esforço de natureza temporária necessário para criar determinado produto ou serviço
- conjunto de atividades inter-relacionadas que devem ser realizadas com uma determinada ordem, de forma a completarem um plano estabelecido

Técnicas de Planeamento e Controlo

- Gráficos de Gantt : primeira aproximação
- PERT (program evaluation and review techniques)
- CPM (critical path method)

A construção da rede de um projeto

Necessário definir

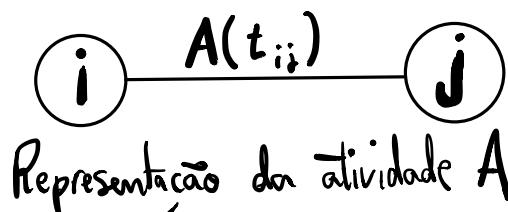
- (i) as atividades
- (ii) os acontecimentos (início/fim de atividade)
- (iii) as relações de precedência

Informação na rede

AON - activity on node , representada nas círculos

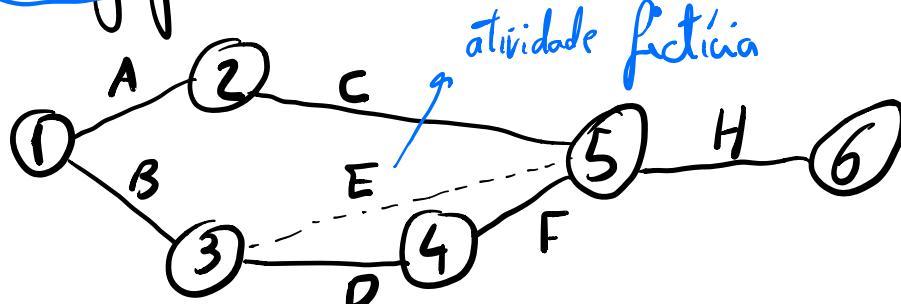
AOA - activity on arrow , representada nos segmentos de recta que ligam os círculos

utilizadas
aqui ↑



t_{ij} - representação da
atividade A

Exemplo de rede/grafa com $A \{ C \}$ $B \{ D, H \}$ $C \{ H \}$ $D \{ F \}$ $F \{ H \}$



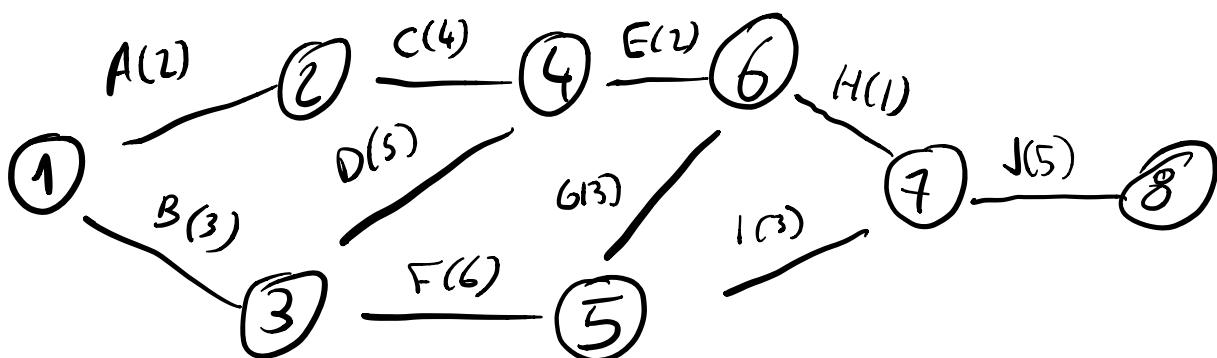
Caminho crítico - caminho de maior duração que liga o acontecimento inicial ao final (1,3,4,5,6)

Data mais cedo = t_i
(se não houver atrasos)

Data mais tarde = t_i^*
(sem prejudicar duração total)

$[t_i, t_i^*]$ = intervalo de flutuação
(intervalo de tempo em que o acontecimento i pode realizar-se sem modificar a duração do projeto)

Rede de um projeto com durações entre parêntesis



$$t_2 = t_1 + t_{12} = 0 + 2 = 2$$

$$t_3 = t_1 + t_{13} = 0 + 3 = 3$$

$$t_4 = \begin{cases} t_2 + t_{24} = 2 + 4 = 6 \\ t_3 + t_{34} = 3 + 5 = 8 \end{cases} \text{ max } \boxed{8}$$

$$\vdots \\ t_8 = 18 //$$

Margem total da atividade (i, j)

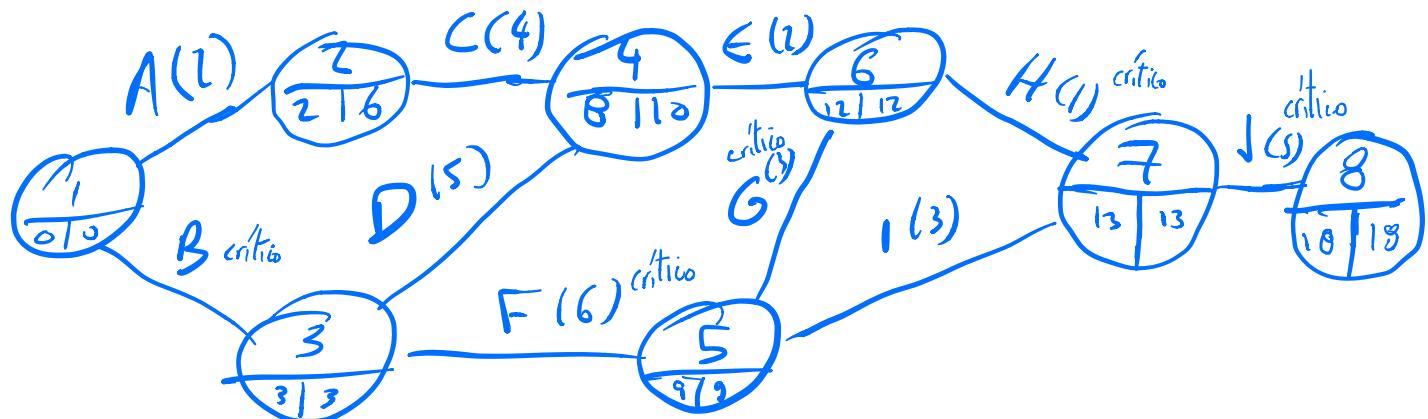
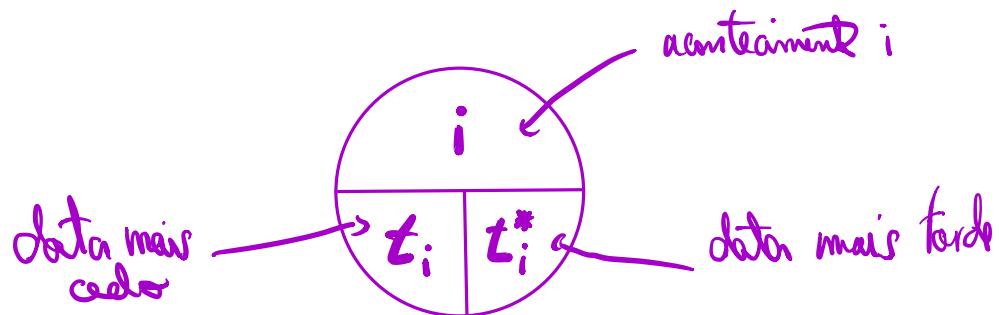
$$\blacksquare MT_{ij} = t_j^* - t_i - t_{ij} \quad (=0 \text{ atividades críticas})$$

↳ Caminho crítico = sucessão de arcos com margens totais nulas

Margem livre da atividade

$$\blacksquare ML_{ij} = t_j - t_i - t_{ij}$$

Representação das datas mais cedo/mais tarde de cada acontecimento



CPM (critical path method)

Objetivo: minimizar os custos, particularmente

$$\frac{CR}{UT} = \frac{\text{custo de redução} - \text{custo normal}}{\text{tempo normal} - \text{tempo de redução}}$$

Método iterativo (exemplo no livro)

PERT

• Modelo estocástico

• Duração de uma atividade é uma variável aleatória com distribuição Beta, com média e σ^2 estimados:

- pessimista $P \leq 0,01$
- provável
- otimista $P \geq 99,99$

• Valor esperado $t_e = \frac{a+b+4m}{6}$

• Variância (incerteza) $S^2 = \left(\frac{b-a}{6}\right)^2$

- t_{ei}^c : média das durações das atividades do caminho crítico
- Hipótese de atividades independentes

$$\bar{T} = t_{e1}^c + \dots + t_{ek}^c$$

(exemplo no livro)

$$\text{Var}(T) = s_1^2 + \dots + s_k^2$$

Variáveis standardizadas com
lei de distribuição normal
com média 0 e desvio
padra 1

$$Z = \frac{T - \bar{T}}{\sqrt{\text{Var}(T)}}$$

Limitações à utilização das metodologias PERT e CPM

- A duração das atividades pode variar durante o projeto, podendo alterar o caminho crítico
- As estimativas utilizadas na determinação dos valores médios podem não ser muito fiáveis
- Variáveis aleatórias podem não seguir uma distribuição beta

- Dizentes das atividades podem não ser independentes
- Não consideram a possibilidade da realização integral de partes do projeto

Tema 5 - Gestão de stocks, just-in-time e MRP

Bibliografia: Lisboa, José; Gomes, Carlos (2018), Gestão dos Operações, Porto, Vida Económica

Capítulo 4 e 5

Capítulo 4 - Gestão de stocks

- Excesso de stocks diminui o poder competitivo de uma empresa
- Níveis de stock apropriados asseguram o abastecimento normal do processo produtivo e a entrega atempada dos produtos final aos clientes

Stocks medidos em termos de capacidade produtiva

Quantidade de existências



número de dias { Produção (lead time)
satisfatório da procura

Problemas na gestão de stocks

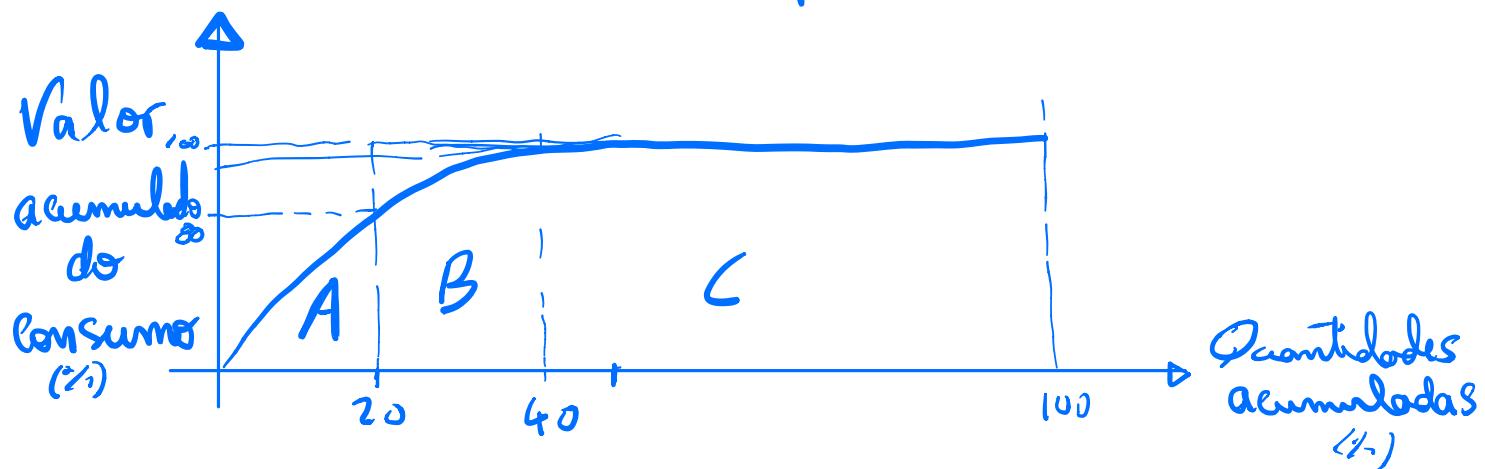
- gestão dos materiais (armazenagem)
- gestão administrativa (suporte informático de informação)
- gestão económica (racionais prazos e reabastecimento)
- custos com a compra dos produtos

- custos com a posse dos stocks em armazém
- set up costs (efetivação/início da fabrico)
- custos de retura de stocks
- custos não-financeiros (de qualidade)

Classificação ABC

↳ Classificar os produtos consumidos pela empresa em função do seu valor e das quantidades anualmente utilizadas pela produção

- A** - 75% a 80% do valor total dos consumos
15% a 20% dos produtos utilizados pela empresa
→ controlo apertado
- B** - 10% a 15% dos consumos
20% a 25% dos produtos → metodologias espalhadas no tempo
- C** - 5% a 10% dos consumos
60% a 65% dos produtos → controlo longo (anual)

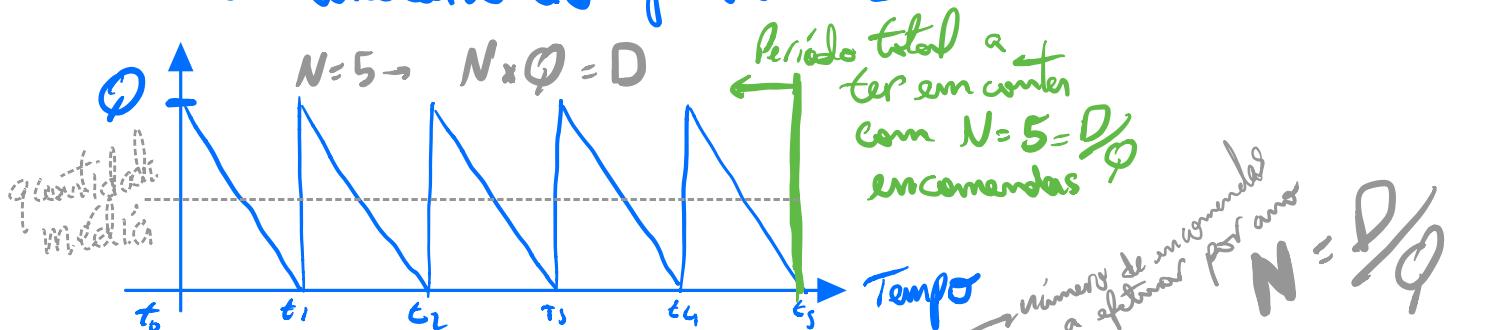


Modelos de aprovisionamento com procura contínua

- Como se caracteriza a distribuição do consumo de stocks
- Que quantidades a encomendar ou a produzir?
- Quando deve ser iniciada a reposição do stock ou nova produção?

Modelo do lote económico com reposição instantânea

- Procura conhecida D e constante
- Quantidade a encomendar para cada período t - $Q = D/N$
- Custo unitário de fabrico de um novo lote (setup cost) - K
- Custo unitário de posse do stock em armazém - h
- Custo unitário do produto - c



$$\text{Custo Total } CT = \underbrace{c D}_{\text{com a gestão}} + \underbrace{k \frac{D}{Q}}_{\text{custo de efectivação das encomendas (novos lotes)}} + \underbrace{hc \frac{Q}{2}}_{\text{custos de posse dos stock médios durante o período}}$$

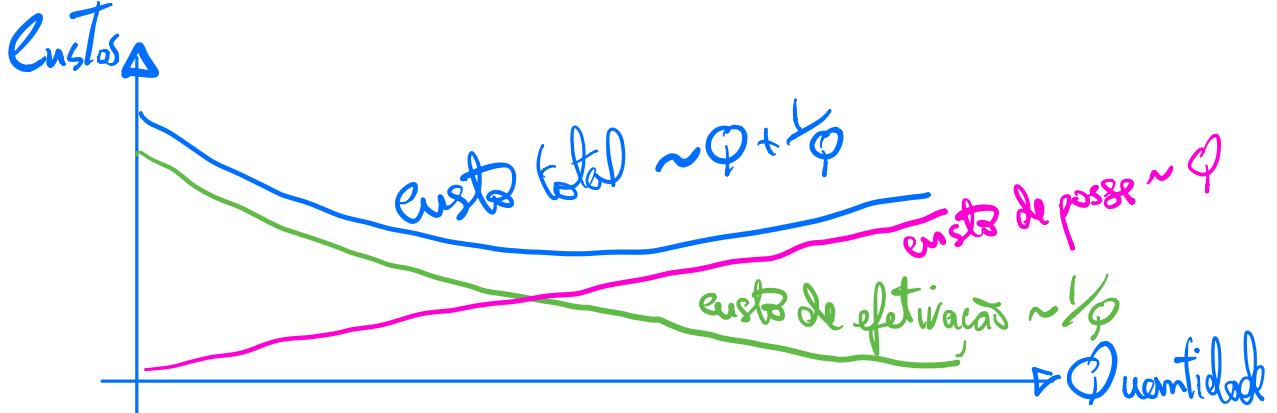
com a gestão
deste produto

fator importante
caso $Q=D$
 $N=1$

custo de efectivação baixo mas elevado

Quantidade ótima a produzir

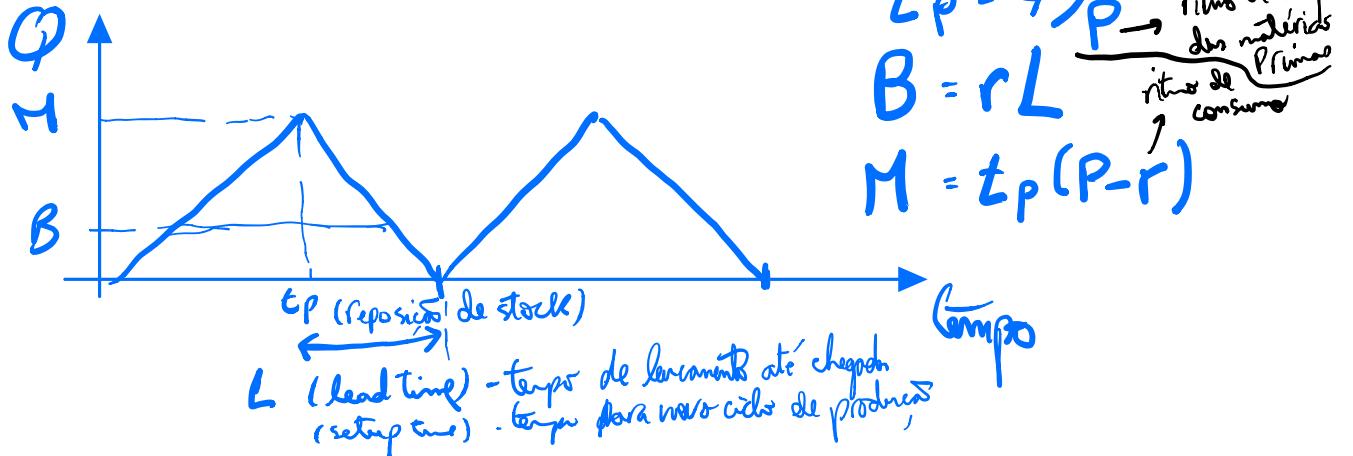
$$\frac{dCT}{dQ} = 0 \rightarrow Q^* = \sqrt{\frac{2DK}{hC}}$$



Modelos de lote económico com reposição instantânea e descontos de qualidade

→ Preço do produto é função das quantidades

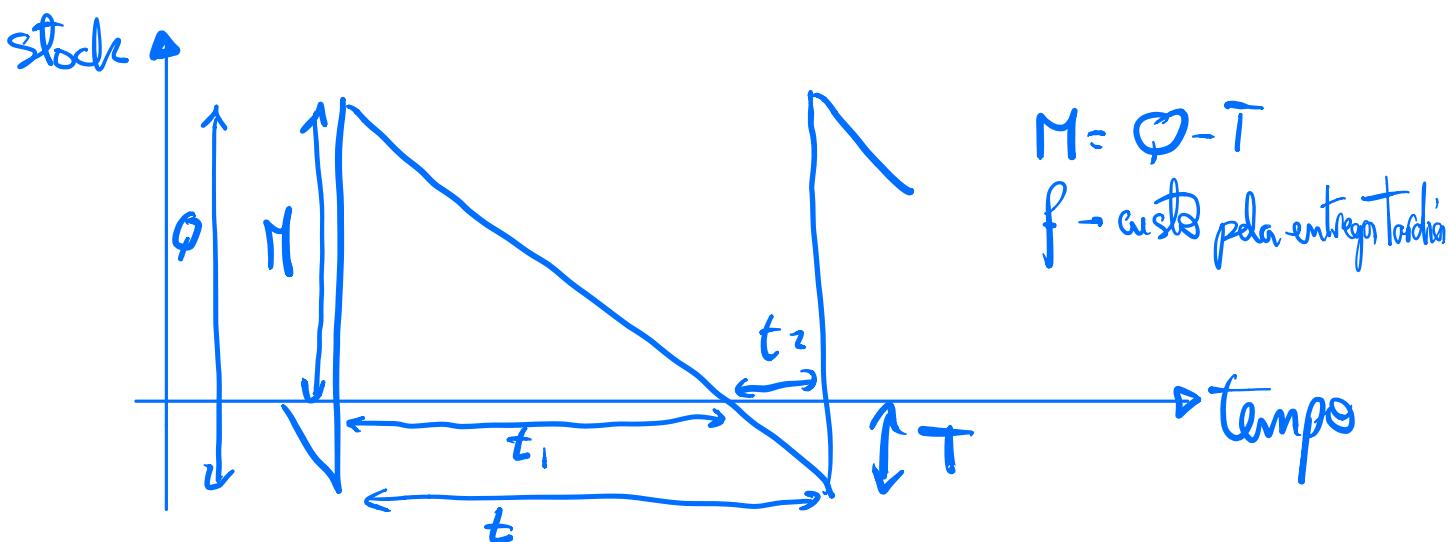
Modelos de lote económico com reposição contínua do stock



$$CT = cD + K \frac{D}{Q} + KC Q \frac{(P-r)}{2P}$$

Quantidade ótima
(económica) $\Phi^* = \sqrt{\frac{2kDp}{hc(p-r)}}$

Modelo do lote económico com reposição instantânea
admitindo rupturas de stock



Custos de ruptura compensados pela diminuição dos custos de armazenamento

Custo de armazém num período = $hc t_1 \frac{(Q-T)}{2}$, $t_1 = \frac{\Phi - T}{D}$

$$N = \frac{D}{\Phi} \xrightarrow{\text{totais}} = \frac{hc M^2}{2 \Phi}$$

Custos com a satisfação total das T unidades = $\frac{f T t_1}{2} , t_1 = \frac{T}{D} , N = \frac{D}{\Phi}$
 $\xrightarrow{\text{totais}} = \frac{f(\Phi - M)^2}{2 \Phi}$

$$\text{Custo Total} = \underbrace{c \cdot D}_{\text{custos de Produto}} + \underbrace{k \frac{D}{Q}}_{\text{custo com a aquisição}} + \underbrace{\frac{hcM^2}{2Q}}_{\text{custo de posse}} + \underbrace{\frac{f(Q-M)^2}{2Q}}_{\text{custo com a satisfação tardia das encomendas (d'arrasto)}}$$

Quantidade ótima $Q^* = \sqrt{\frac{2Dk}{hc}} \times \sqrt{\frac{hcf}{f}}$

$\frac{\partial G}{\partial Q} = 0, \frac{\partial G}{\partial M} = 0$

$M^* = \sqrt{\frac{2Dk}{hc}} \times \sqrt{\frac{f}{hcf+f}}$

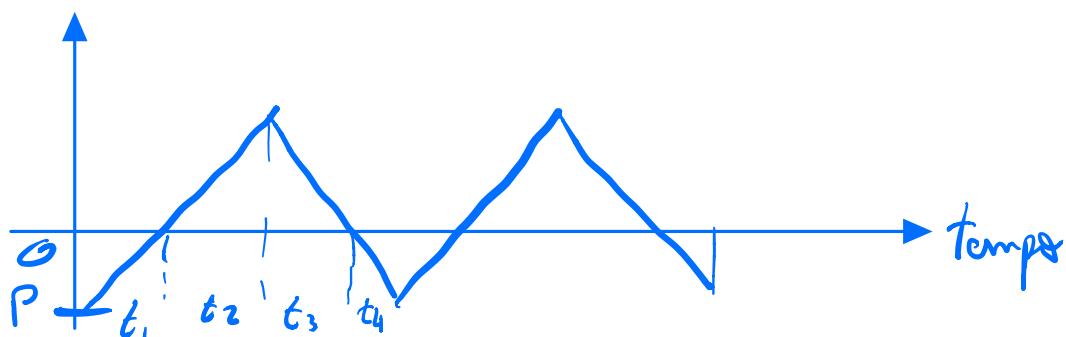
$T^* = \frac{Q^* hc}{hc+f}$

Ciclo completo $L = t_1 + t_2 = \frac{M^*}{D} + \frac{Q^* - M^*}{D} = \frac{Q^*}{D}$

Ponto de reposição do stock $B = \frac{D}{N} \times L - T^*$

→ nº de dias de trabalho no ano

Modelo do lote económico com reposição contínua admitindo reáreas de stock



$$C_I = cD + k \frac{D}{\varphi} + \frac{[Q(1-\frac{f}{P}) - P]^2}{2\varphi(1-\frac{f}{P})} hc + \frac{P^2}{2\varphi(1-\frac{f}{P})} f$$

Quantidades
Estímes

Quantidade a encomendar $Q^* = \sqrt{\frac{2Dk}{hc(1-\frac{f}{P})} \times \frac{hc+f}{f}}$

Nível de vendas em falta a satisfazer no novo ciclo $P^* = \sqrt{\frac{2Dk}{f} \times \sqrt{t - \frac{f}{P}} \times \sqrt{\frac{hc}{hc+f}}}$

Período de produção para satisfação de vendas $t_1 = \frac{P^*}{P-r}$
 Período de reposição $t_2 = \frac{P^*}{r-r}$
 Período de escorrimento de mercadorias $t_3 = \frac{M^*}{r}$
 Período de entrega $t_4 = \frac{P^*}{r}$

$$t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = \frac{M^* + P^*}{r} + \frac{P^*}{P-r}, P > r$$

ciclo produtivo

Nível máximo de existências em armazém $M^* = Q^*(1-\frac{r}{P}) - P^*$

Ponto de reposição $B = \frac{Dh}{N} - \frac{h.c.Q^*(P-r)}{(hc+f).P}$
 ↳ n.º de dias de fabricação

Modelos de aprovisionamento com placa discrete

Modelo do "lote por lote"

- Efectuar em cada período uma encomenda de dimensão igual à

procura a satisfazer nesse período

- Ideal para baixos custos de efetivação e custos de posse elevados

Encomenda periódica

- Determinar o número de períodos a tomar em consideração na determinação do lote a encomendar

$$EP = \sqrt{\frac{2DK}{hc}}$$

→ n: nº de períodos incluídos no horizonte temporal de planeamento D

Algoritmo de Silver-Meal

- Determinar a dimensão do lote a encomendar que minimiza os custos médios de gestão do stock C_M
- Acumular encomendas até que este custo médio em T seja superior ao de $T+1$

$$C_M(T) = \frac{C(T)}{T} = \frac{\text{custos de efetivação + posse}}{T} = \frac{k + hc \sum_{i=1}^T D_i}{T}$$

dimensão do lote $L = \sum_i D_i$ → T determinado por
 $C_M(T+1) > C_M(T)$

Agoritmo da quantidade económica ajustada (IPPA - incremental part-period algorithm)

- Aumentar encomendas sempre que o custo de posse associado aos incrementos da lota a efectuar não excede o custo com uma nova encomenda

Algoritmo de Wagner-Within

- Permite obter a solução ótima quando se enfrenta uma planilha irregular para um horizonte de planeamento finito

Modelos multiproduto

- Coordenar as datas de efetivação de díz ou mais produtos

Stock de Segurança

- Quantidade extra de materiais, produzidos ou encomendados, que se guardam em armazém de modo a evitar riscos de stock

Processo de compras

- Função compras - responsável pela aquisição das matérias-primas, produtos e sub-produtos necessários à produção ou à prestação de um serviço.

1^a fase: Requisição dos materiais

2^a fase: Seleção de fornecedor

3^a fase: Acompanhamento das encomendas

4^a fase: Chegada da encomenda ao armazém

O "just in Time"

- Redução dos custos de produção através da eliminação de stocks

① Load-smoothing production (produção nivelada)

② Procura do produto final determina a produção dos componentes de fabrico

③ Push → Pull (sistema empurrar substituído pelo sistema puxar)

① Manter a produção diária constante

$$\text{Ciclo de produção} \rightarrow \frac{\text{Tempo de trabalho diário disponível}}{\text{Quantidade diária da fábrica exigida}}$$

Kanban - sistema de controlo de produção

- Cartão que contém a informação estritamente necessária para o fabrico do componente (quantidades e especificações)

Exemplo

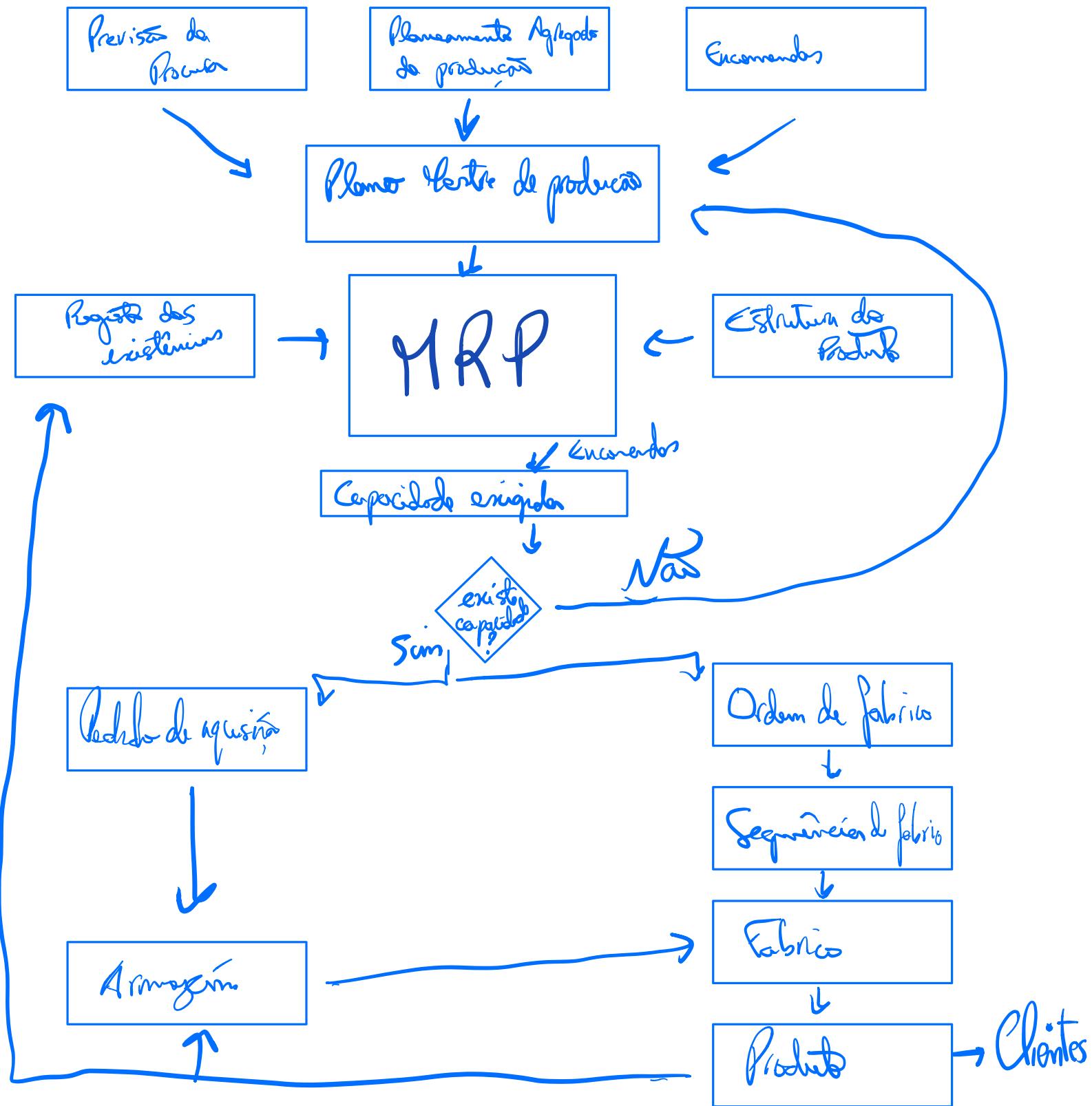
Símbolo 02	
Anel Local produção Local coisas Quantidade/carte Símbolos não deve conter	AI Rectificadora SA Montagem 2500 4000

Capítulo 5 - MRPII (Materials Requirement Planning)

- Sistema de informações utilizadas no planeamento e controlo do processo produtivo
- Coordenar datas de entrega com pedidos de encomenda

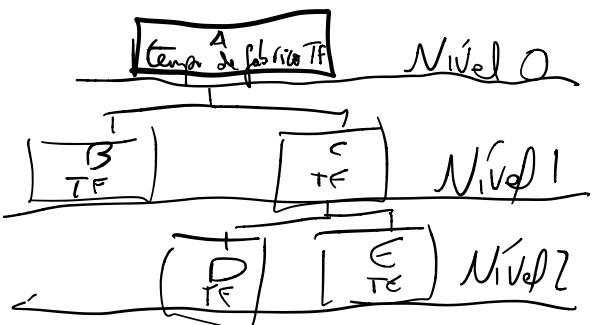
Objetivos

- Assegurar a disponibilidade das matérias-primas
- Reduzir o nível de existências
- Planejar o processo produtivo



Necessário um sistema de inventário permanente como input

Efetuar estruturas de produtos



Dois tipos de sistemas MRP

- Regenerativo (regenerative) - para estocos
- Atualizações parcial (net change system) - processos instáveis

Quadro MRP

Tarefas etc	Tempo fabrica	Gest. armaz.	Stock seguri.	Afetos	Nível	Ataq	Quantidade	Períodos
								1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
							QR	
							QE	
							QA	
							QN	
							LE	
							PE	

QR - gross requirements (requisitos)

QE - schedule receipt (encaminhado)

QA - on hand balance (em armazém)

QN - net requirements (necessários)

LE - planned order receipt (a encaminhar)

PE - purchase order (pedida encaminhada)

Tema 6 - Controlo estatístico de qualidade

Bibliografia: Lisboa, year; Gomes, Carlos (2018), Gestão das Operações, Faria, Vida económica

Capítulo 8

Capítulo 8 - Controlo estatístico de qualidade

Objetivo: detectar as discrepâncias nas características dos produtos evitando que sejam entregues ao cliente bens de qualidade inferior

Graficos de controlo de qualidade

qualitativo
quantitativo

- Observação de valores médios dos atributos que se pretendem controlar, de modo a se manterem entre limites aceitáveis

Graficos de controle de \bar{X} e de R

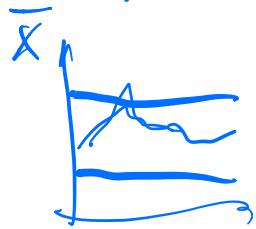
↓
média

Variância da amostra

Para $\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$

Límite superior = $\bar{X} + A_2 R$

Límite inferior = $\bar{X} - A_2 R$

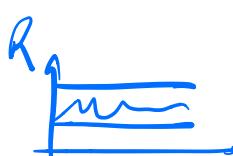


↓
média das
medias }
parametro
(constante) ↓
medias dos
intervalos de
variação,

Para R

Límite superior = $D_4 R$

Límite inferior = $D_3 R$



Límites alteram-se caso seja conhecido o desvio-padrão

Sup ~ $\bar{X} + B_3 \sigma$

Inf ~ $\bar{X} - B_3 \sigma$

Sup ~ $D_4 \sigma$

Inf ~ $D_3 \sigma$

Graficos de controle para variáveis qualitativas

- Não conformidade - uma ou mais características do produto não estão de acordo com as especificações

- Gráfico de controle de qualidade p

- Controlar a proporção de defeitos em determinado volume de produção → distribuição binomial para produtos defeituosos

\bar{p} → média das proporções de produtos não conformes (p_i)

S_p → desvio-padrão das proporções não conformes

$$\text{Sup} = \bar{p} + 3S_p$$

$$\text{inf} = \bar{p} - 3S_p$$

- Gráfico de controlo qualidade np

• Controlar número de produtos não conformes

n = número de observações nas amostras

$$\text{Sup} = np + 3S_{np}, \quad \text{inf} = np - 3S_{np}$$

- Gráfico de controlo c

• Controlar do número de não conformidades (c) de um produto

distribuição ↙

de Poisson

$$\text{Sup} = \bar{c} + 3S_c$$

$$\text{inf} = \bar{c} - 3S_c$$

- Gráfico de controlo de u

• Controlar do número de não conformidades (u) com tamanho variável de amostras

$$u = \frac{c}{d} \rightarrow n^{\circ} \text{ de unidades inspecionadas}$$

$$\text{Sup} = \bar{u} + 3S_u;$$

$$\text{inf} = \bar{u} - 3S_u;$$

Análise dos gráficos de controlo

Processo for de controlo } Valores for das limites

evidências de tendências suscetíveis de prever os resultados

Regras para verificar controlo

falta de aleatoriedade

1. Não existem registos fora dos limites
2. N.º de registos acima e abaixo é o mesmo
3. Aparecem aleatoriamente dentro dos limites
4. Prova-se da forma ental

Capacidade de um processo

Índice de capacidade do processo C_p

$$C_p = \frac{\text{Limite superior de especificação} - \text{limite inferior}}{6S}$$

$$\hookrightarrow S = \frac{\bar{Y} - D_2}{D_2}, \text{ desvio-padrão}$$

especificações dadas
pelos clientes

C_p mínimo de aceitação = 1 //

C_p mínimo habitual = 1,33

C_p exigente = 1,67

Controlo por amostragem

Planos de amostragem

- Instrumentos de controlo de qualidade utilizados habitualmente nas empresas quando

- a inspecção destrói o produto
- a análise ao produto é muito demorada
- o custo da análise é muito elevado

↳ decidir acerca da aceitação ou rejeição de um lote com base nos resultados obtidos de recolhas aleatórias

Risco do produtor → erro de tipo I

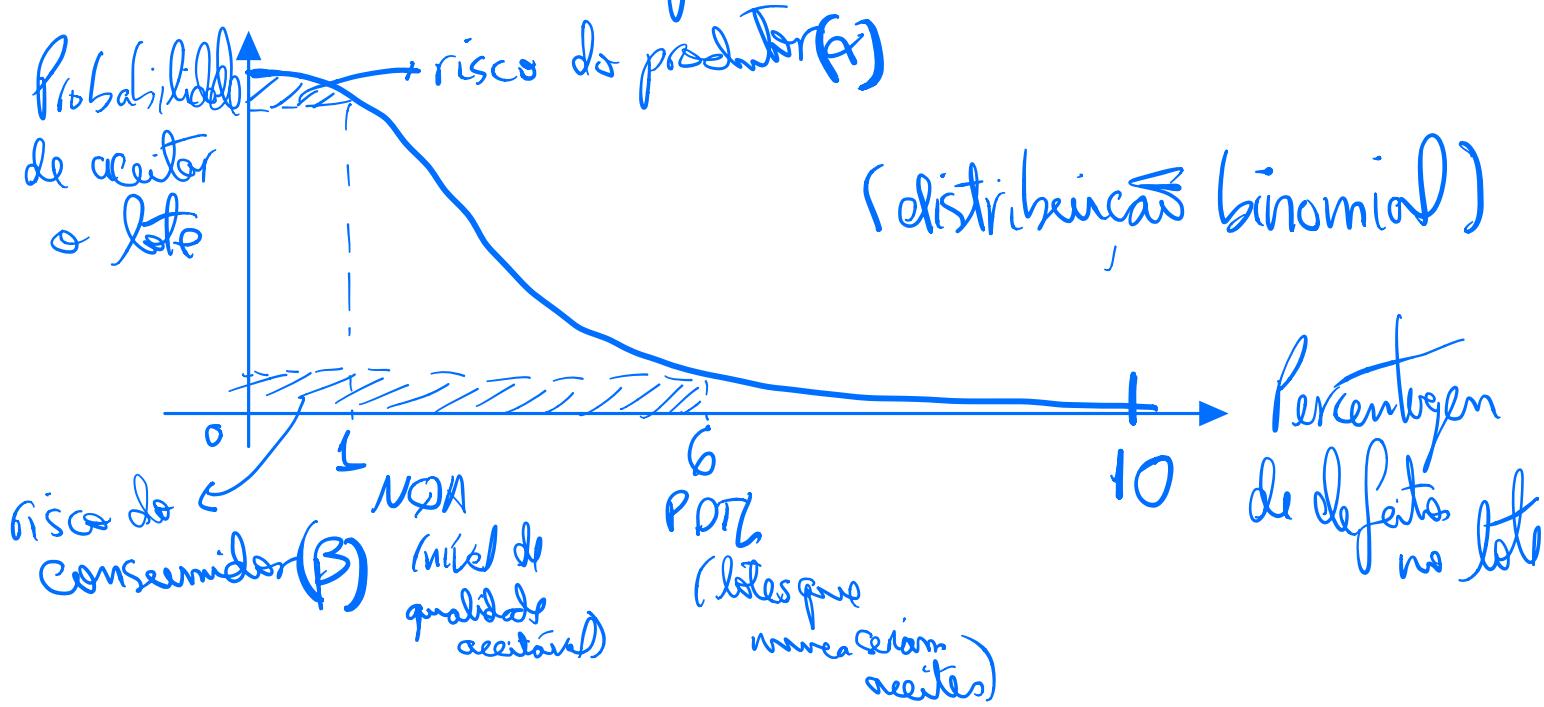
- Possibilidade de o cliente rejeitar um lote satisfatório

Risco do consumidor → erro de tipo II

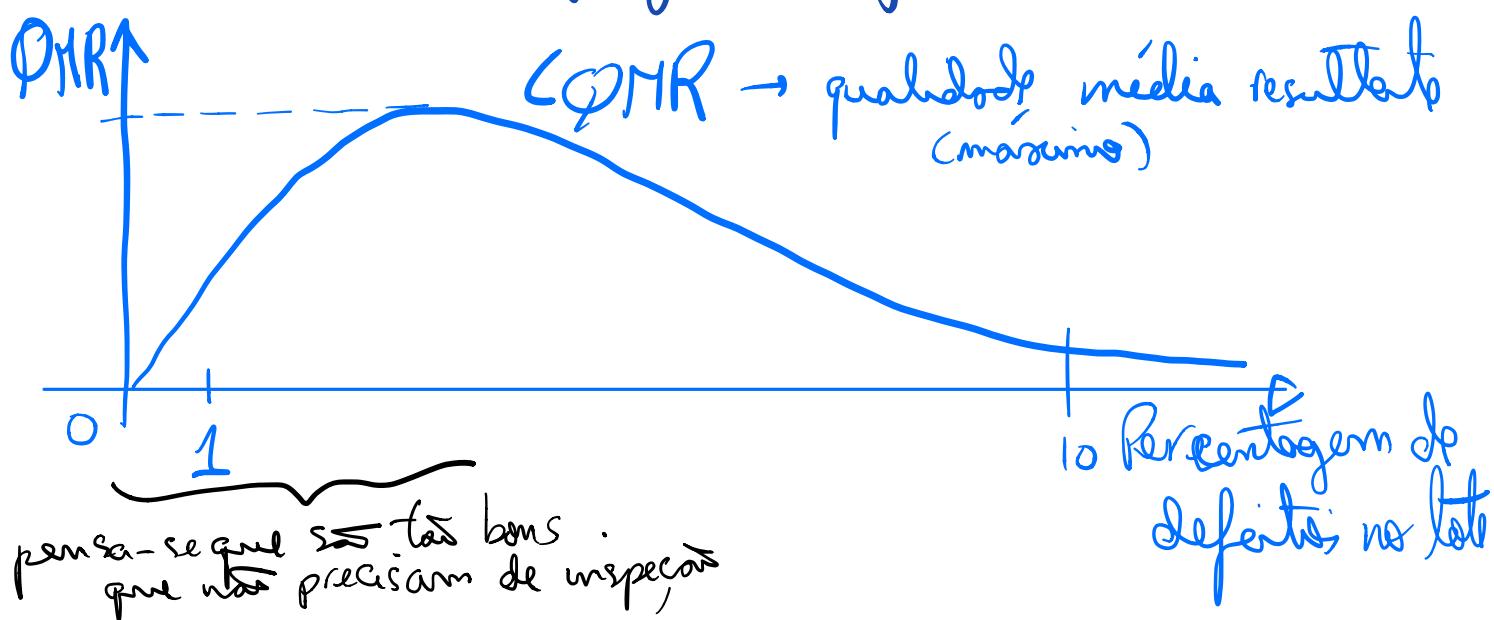
- Possibilidade de um cliente aceitar um lote de má qualidade.

Curva característica operacional

Relações entre a dimensão da amostra e o nº máximo de defeitos a tolerar



Qualidade média resultante (QMR)
(average outgoing quality)



$$QMR = \frac{\text{Valor esperado do n\degree de produtos defeituosos}}{\text{Valor esperado do n\degree de produtos aceites}}$$