

# “Gestão da Produção Industrial – Teorias e Realidades de casos com o apoio do EXCEL”

**Rui Assis**

Março de 2025

**[rassis@rassis.com](mailto:rassis@rassis.com)**

**<http://www.rassis.com>**

# Introdução

## O meu percurso académico:

- 2008 Doutoramento em Engenharia Mecânica pelo IST
- 1977 Licenciatura em Engenharia Mecânica (Termodinâmica) pelo IST
- 1968 Bacharelato em Máquinas Marítimas pela Escola Náutica
- 1968 Bacharelato em Electrotecnicia e Máquinas pelo ex-IIL

## O meu percurso em artes:

- 2006 Ilustração Científica na ESBAL
- 1996 Pintura Artística na SNBA



## Temas do meu percurso profissional (1968-2023)

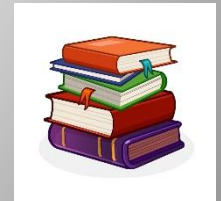
Engenharia de Produção, Engenharia de produto, Automação de Sistemas, Marketing Industrial, Manutenção de Instalações e Equipamentos, Gestor de Activos, Empreendedorismo e Capital de Risco, Formador em Gestão, Consultor em Gestão e Controlo do Desempenho Operacional, Professor Universitário (Nova, Católica e Lusófona).

## Formação profissional:

Análise de Projectos de Investimento, Análise Financeira, Análise Multicritério, Contabilidade de Custos, Estatística Aplicada à Gestão, Técnicas de Simulação Discreta, Controlo de Gestão.

## Publicações e comunicações

Dezenas de artigos e comunicações em Congressos. Onze livros sobre temas de Engenharia de Produção, Engenharia da Manutenção e Gestão de Stocks.



# Um pouco mais de detalhe

- Na minha vida profissional, fiz de tudo. Comecei com a **Manutenção e Operação** na Marinha Mercante nacional em **8 navios** durante 4 anos, depois do curso de Electrotécnia e Máquinas no ex-IIL (hoje ISEL) e de Máquinas Marítimas na Escola Náutica.
- Na Pioneer Concrete Services, passei pelo **Fabrico**, promoção, venda e colocação em obra de betão-pronto.
- Nas Indústrias Metálicas Previdente – (em Alverca já extinta) –, assumi novamente a **Manutenção**, a **Produção** pouco depois e, por fim, o **Marketing Industrial** (estudo de viabilidade, lançamento e promoção de novos produtos). Simultaneamente completei em 1977 a licenciatura no IST em Engenharia Mecânica (Termodinâmica).
- Na Philips, **produção** de balastros e arrancadores para lâmpadas de descarga em Portugal e **estudo de novos processos de fabrico** na Holanda e Alemanha.
- Na Neocel, (extinta), gestão da **Produção** de embalagens flexíveis.
- Na Pedro S. Pires, (extinta) **Gestão** da linha de negócio de mobiliário para escritório.
- No CTH, **Gestão** da linha de negócio de equipamento vários para as enfermarias de hospitais.
- Na AITEC (IPE + INESC) iniciei a primeira empresa de **incubação de *start-ups*** e de **capital de risco** (constitui 14 empresas, Nova Base, Tecmic, Lasindústria, Setcom, p.ex.).
- No CIFAG/IPE (extinto) iniciei acções de **formação** e **consultoria** nas maiores empresas nacionais.
- No ISQ fui **responsável técnico-científico** de vários projectos de **I&D aplicado**. Simultaneamente doutorei-me em 2008 no IST em Engenharia Mecânica no âmbito de um projecto numa **Central térmica da EDP envolvendo uma turbina a vapor**.

# Um pouco da minha experiência profissional

1. Primeiro desafio: **Apoio de uma canalização de vapor sobreaquecido** num navio novo com um diâmetro que permitisse suportar as dilatações e contracções.
2. Velocidade crítica de colapso de um volante de inércia de uma turbina a vapor num navio.
3. **Dimensionar uma ferramenta** (calcular o número óptimo de cavidades num molde de vazamento de chumbo fundido para a fabricação de selos) – extensível a injeção plástica, compressão de ureia, cunhos e cortantes, etc.
4. **Viabilidade económica** de uma torre de arrefecimento da água circulando a matriz de uma extrusora de tubo de chumbo.
5. **Novos produtos**. Exemplos mais relevantes: “Fabricar em Portugal velas de ignição auto?”; “Fundição vs Pulverometalurgia de peças auto?”; Agripó (Agripó-Fabrico de Calcários Correctivos), aproveitamento do calcáreo cristalino das escombreyras (Estremoz-Borba-Vila Viçosa) para reduzir acidez dos terrenos no Alto Alentejo (Iuzerna, trevo subterrâneo).
6. **Automação electropneumática** de partes de máquinas (carga/descarga) ou outros movimentos (cursos Atlas-Copco e Festo; fluídica).
7. **Retrofitting** – Aproveitar equipamento antigo dotando-o de dispositivos tecnológicos avançados, aproveitando a estrutura sobredimensionada.
8. **Refurbishment** – Recuperar um equipamento em mau estado os substituí-lo por outro novo?
9. **Dimensionar um túnel para polimerização** de uma solução aquosa plástica na qual parafusos de rosca para madeira são previamente mergulhados (diminuir o atrito).
10. **Determinar quando um artigo** se pode considerar um **mono** em armazém.

# Um pouco da minha experiência profissional

11. Determinar a secção ótima económica de um cabo eléctrico de *Cu* e de *Al*.
12. Substituir preventivamente itens iguais de modo individual ou em grupo?
13. Aproveitar a circunstância de uma intervenção correctiva para antecipar uma intervenção preventiva?
14. Comparar à luz de vários critérios equipamentos dispondo de diferentes tecnologias e de diferentes marcas/fabricantes.
15. Instalar um sistema SCADA/GTC (Gestão Técnica Centralizada).
16. Qual a quantidade de determinado componente rotável que deverá ser mantido em stock (reparável e não reparável)?
17. Vale a pena a montagem de um ou mais redundantes?
18. Qual deverá ser a periodicidade de inspecção de componentes que podem apresentar falhas ocultas?
19. Qual deve ser o calendário de inspecções em manutenção condicionada (considerando a curva P-M-F).
20. Aquecimento com gás propano de um tanque de decapagem química (solução com ácido clorídrico).
21. Tratamento químico dos efluentes de uma galvanoplastia de parafusos (com recuperação do cobre e do crómio).
22. Ponte rolante para o transporte de cilindros entre as operações de cromagem dura e a gravação química dos motivos (texto e desenhos) para impressão.

# Um pouco da minha experiência profissional

23. Quais os produtos que justificam a cativação de cilindros permanentemente com a mesma gravura?
24. Protótipo experimental de painéis solares para aquecimento de água.
25. Primeiros artigos (ferragens) embalados em *blisters*.
26. Concepção de uma máquina para têmpera do aço por electro-indução de hastes de amortecedores auto.
27. Estudo de viabilidade e negociação do financiamento junto da Banca de uma máquina de electro erosão por fio para o fabrico de moldes de injeção plástica.
28. Abertura da rosca de parafusos de aço por rolagem (esmagamento) usando matrizes em lugar da tecnologia comum por corte de apara.
29. Quantas repinturas de chapas do convés de um navio, antes de se proceder à sua substituição?
30. Duas localizações alternativas (Prior Velho ou Loures) de uma instalação de cromagem decorativa para cadeiras de escritório.
31. Colaboração com o INETI para a fabricação de células fotovoltaicas a partir de silício amorfo (Cantanhede) *versus* silício cristalino – comum no eixo Estremoz-Borba-Vila Viçosa).
32. Análises multicritério (impressão Diário da República, horário médicos, prestadores de serviços,...)
33. Pioneiro em Portugal (formação/acção) na introdução das técnicas industriais japonesas **KANBAN** (sincronização entre PT's) e **SMED** (mudança rápida de séries de fabrico)

**Profissionalmente, viajei muito; só não “pisei” dois continentes: Oceânia e Antártica.**

**Uma vida profissional rica, bem sucedida e feliz.**

# Livros mais recentes

“Complementos em Gestão da Produção Industrial com o Apoio do EXCEL”, 2024, AMAZON.

Volume I – Carga, Capacidade, Medição e Balanceamento de Operações;

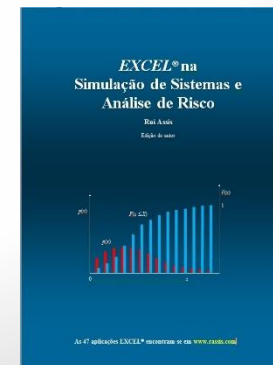
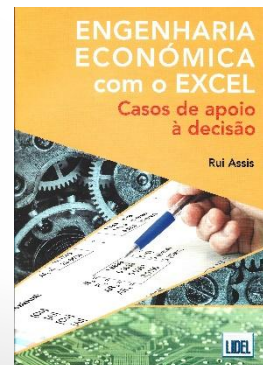
Volume II – Planeamento e Sincronização de Operações de Produção Industrial;

Volume III – Economia das Operações e Avaliação do Desempenho Operacional.

“Engenharia Económica com o EXCEL – Casos de Apoio à Decisão”, 2021, LIDEL

“EXCEL na Simulação de Sistemas e Análise de Risco”, 2ª edição, 2018, AMAZON

“Apoio à Decisão em Manutenção na Gestão de Activos Físicos”, 2ª edição, 2014, LIDEL



# Complementos em Gestão da Produção Industrial com o Apoio do EXCEL





# Volume I – Carga, Capacidade, Medição e Balanceamento de Operações



# Capítulo 1 – Tipologias de Produção

Identificamos as principais **tipologias de produção** e caracterizamo-las na óptica da função Planeamento e Controlo da Produção.

## Tipos de produção

- Produção para *stock* (***make to stock***)
- Montagem por encomenda (***assemble to order***)
- Fabricação por encomenda (***make to order***)
- Produção por encomenda (***engineer to order***)

## Outras classificações

- Produção intermitente múltipla (***job shop***)
- Produção repetitiva por lotes (***batch***)
- Produção em fluxo (***make to market***)



**EXCEL - 1**

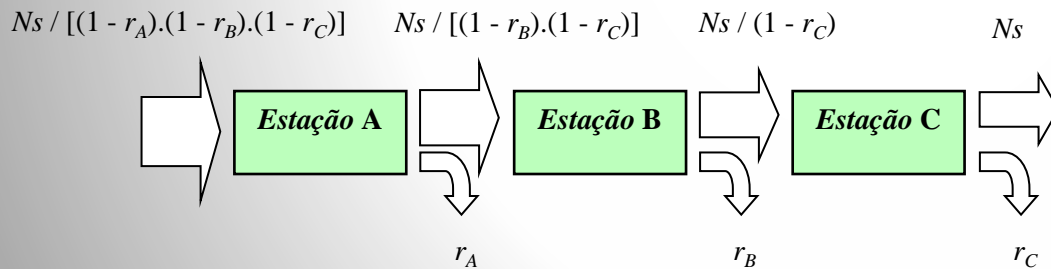
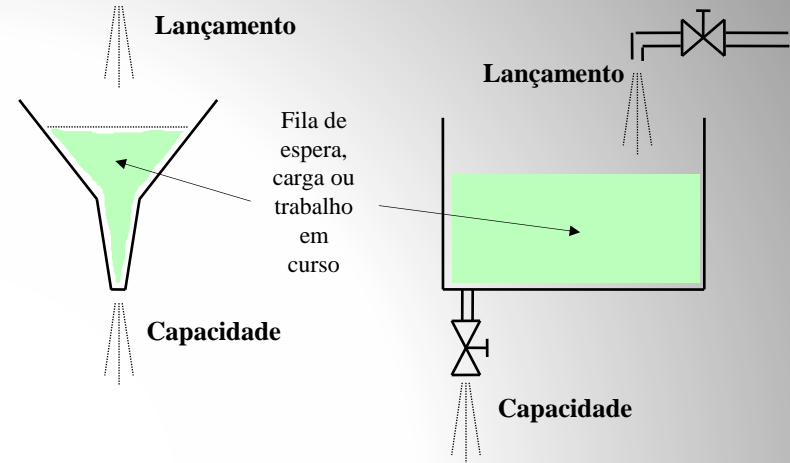


## Capítulo 2 – Capacidade e Carga de um PT

- **Identificamos** as causas de **não-qualidade** em processos de produção de uma forma lata, como correspondendo a tudo aquilo que origina “**desperdício**”, ou seja, que **não acrescenta valor** na perspectiva do cliente.
- **Quantificamos** desperdícios, tais como: “**indisponibilidade**” e “**desativação**” que decrementam a capacidade de um sistema; “**ineficiência**” que incrementa a carga a entregar a um sistema; as “**rejeições**” e “**recuperações**” que aumentam a quantidade de material a processar pelo sistema, assim como alongam o tempo estritamente necessário de utilização do sistema.
- **Quantificamos** também os “**custos de oportunidade**” que surgem sempre que um sistema de produção se imobiliza ou abranda devido ao surgimento de falhas de qualidade dos processos de produção (defeitos, avarias, desregulações, etc.).
- **Recorremos** à **simulação estocástica** para determinarmos a capacidade de sistemas compostos por **filas de espera**.

# Capítulo 2 – Capacidade e Carga de um PT

- Custos da Qualidade e da não-Qualidade
- Capacidade *versus* carga
- Capacidade de um PT
- Carga de um PT
- Filas de espera
- Impacto de defeitos de qualidade num PT
  - O problema do valor médio
  - PT's em sequência
- Custos de oportunidade
- Simulação estocástica
  - Exemplos em ambiente fabril
  - Exemplos em ambiente não fabril



## EXCEL - 2

- Caso Call Center
- Caso Camioes
- Caso Exames clínicos
- Caso Gruas
- Caso Robot\_cozinha
- Fila espera
- Impacto nQ\_2 PT's
- Impacto nQ\_PT
- Maquinas necessárias
- Recirculacoes\_PT
- Rejeicoes linha\_3 PT's

## Capítulo 3 – Medição do Trabalho

- **Desenvolvemos** o tema das **curvas de aprendizagem** (ou de experiência), ou seja, a forma de cálculo que permite estimar o tempo necessário de produção de determinada quantidade de produtos que incorporam forte intensidade de mão de obra (**equipas** em células de trabalho ou em montagens complexas em **posto único**, por exemplo). Consideramos as situações da **primeira série** de fabrico e das seguintes, entre as quais terá passado algum tempo e dado lugar a algum **esquecimento**.
- **Demonstramos** como tratar estatisticamente as observações realizadas do trabalho de um operador que já domina uma operação ou conjunto de operações, com o objectivo de fixarmos o **tempo padrão** (ou *standard*), a partir do **tempo normal** e, este, por sua vez, do **tempo cronometrado** (ou observado).
- **Demonstramos** como realizar observações de alguém que realiza um trabalho de **supervisão intermitente de vários locais** (projectos, postos de trabalho, etc.) ou do **funcionamento intermitente de um equipamento**, e como tratar estatisticamente aquelas observações, com o objectivo de determinarmos a **proporção do seu tempo normal de trabalho** dedicado a cada tarefa, no primeiro caso, e de **funcionamento regular**, no segundo caso.

# Capítulo 3 – Medição do Trabalho

## Tempos degressivos com a experiência

Evolução temporal de uma **operação repetitiva**

Modelo da **Taxa de aprendizagem**

Estimação da Taxa de aprendizagem

Existência de um limite mínimo

Existência de **esquecimento**

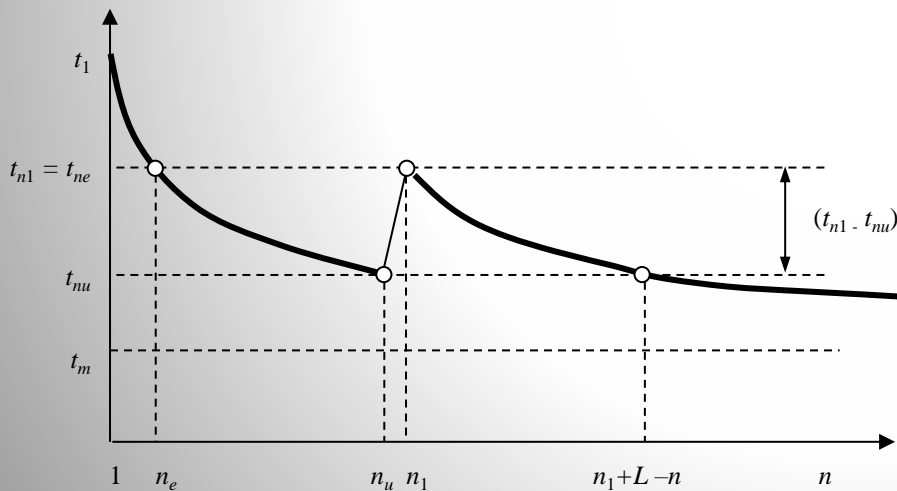
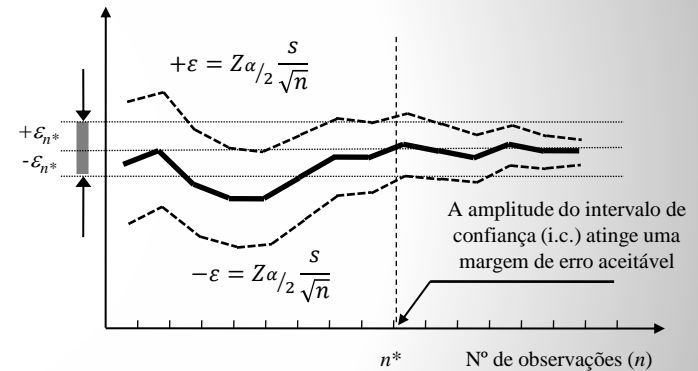
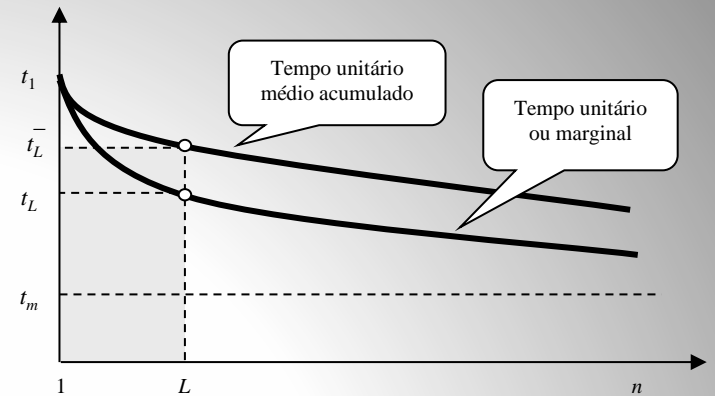
Algumas considerações de gestão

Controlo da realização

## Observações de **tempos de actividade**

Observação de **variáveis aleatórias**

Observações da **proporção** de acontecimentos



## EXCEL - 3

Curvas experiencia 1

Horario\_observacoes

Observacoes\_proporcao

Observacoes\_variaveis

## Capítulo 4 – Planeamento de Produtos únicos

- **Descrevemos** como **planear** as actividades necessárias à realização de um qualquer produto único, tipicamente produzidos por encomenda – interna no caso de protótipos ou externa proveniente de um cliente.
- **Distinguimos** entre actividades cuja duração e custo são estimados com alguma confiança (técnica **CPM** – situações **determinísticas**) ou com incerteza (técnica **PERT** – situações **estocásticas**). Em ambos as técnicas, descrevemos as durações, os custos estimados de cada actividade e as suas relações de precedência.
- Em **CPM**, **calculamos** as **folgas** de cada actividade, determinamos as actividades críticas e **nivelamos** as cargas induzidas nos recursos (operadores, ferramentas, equipamentos) de forma a minimizar períodos de inactividade.
- Em **PERT**, **determinamos** os **graus de criticidade** de cada actividade, bem como o risco de exceder uma data ou um custo limite, usando os métodos analítico e simulação computacional.

# Capítulo 4 – Planeamento de Produtos únicos

O que é um projecto ?

Técnicas PERT/CPM

Programação por redes

Caminho crítico e margens

Perfil de cargas

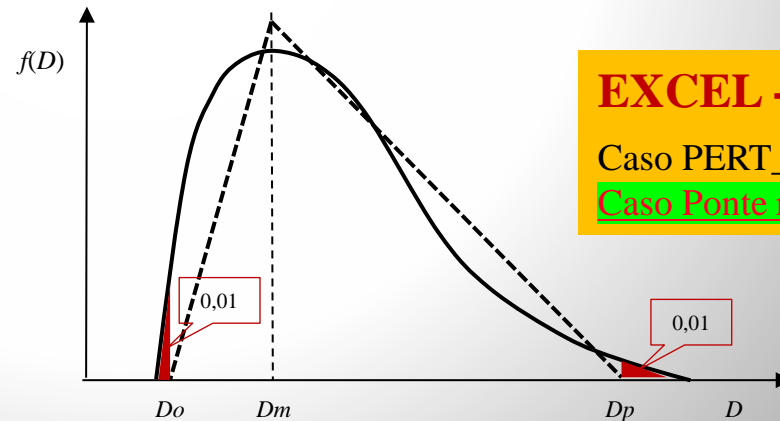
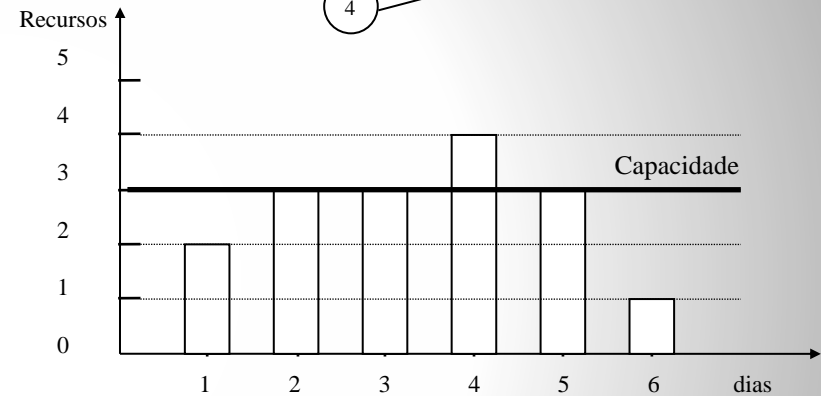
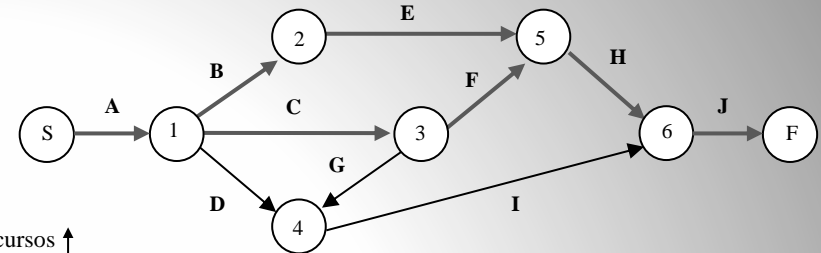
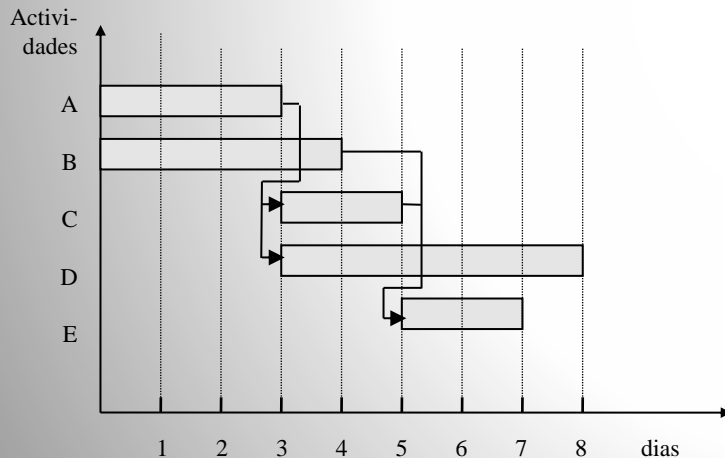
Gráfico de *Gantt*

Incerteza da duração de um projecto

Método **analítico**

Método de **simulação**

Fontes sobre Gestão de Projectos



**EXCEL - 4**  
Caso PERT *leads* e *lags*  
Caso **Ponte rolante**



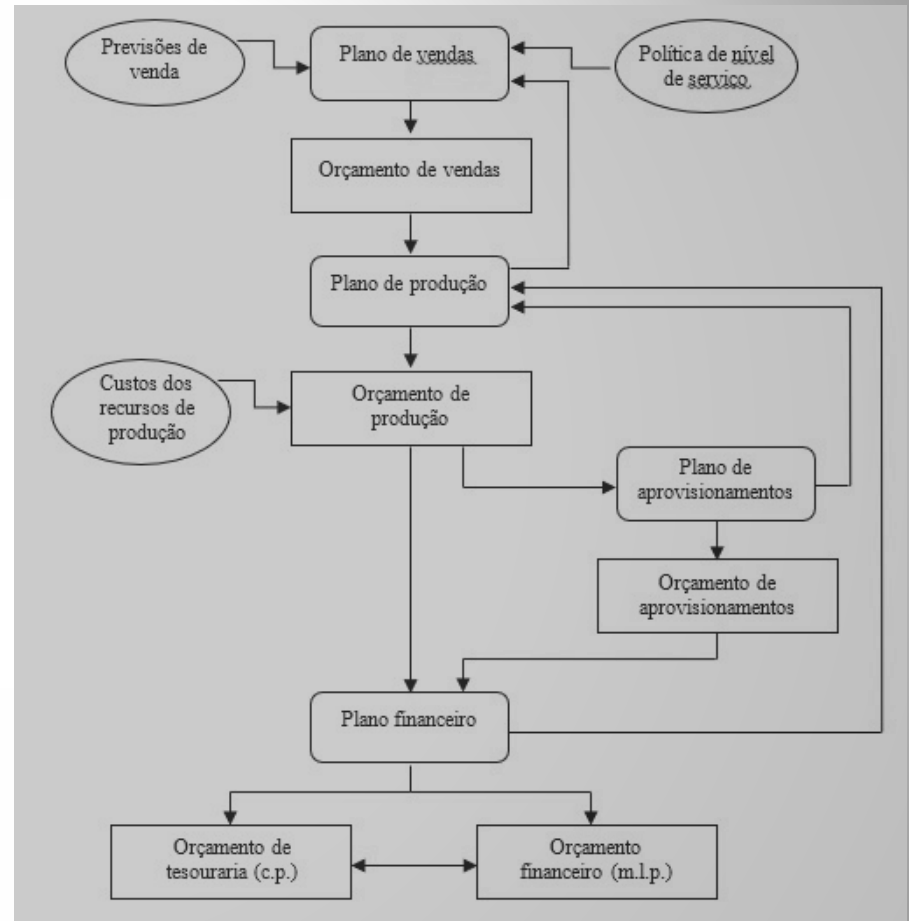
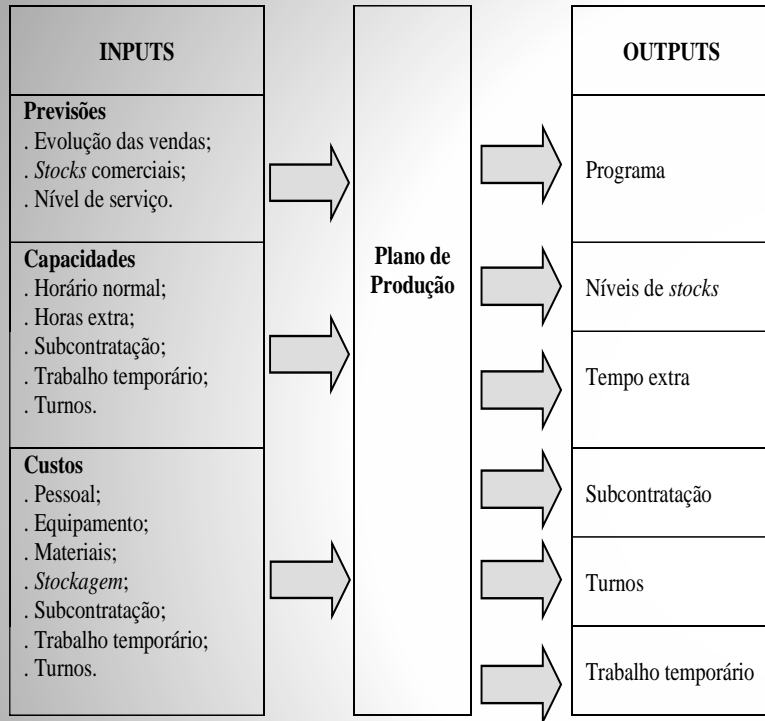
# Volume II – Planejamento e Sincronização de Operações de Produção Industrial



## Capítulo 5 – Planeamento de Médio prazo

- **Transformamos** um plano de vendas mensal de cada família de produtos num plano global de produção, cobrindo 1 ou mais anos, em grandes categorias de capacidade de produção (níveis de mão de obra permanente e temporária), de subcontratação e de volume de *stocks* de produtos acabados, constituindo o plano global de produção, designado comumente por “agregado”.
- **Selecionamos** o *mix* de produtos para um período de um ou mais anos, que permita maximizar a margem bruta global e que servirá de referência para a força de vendas orientar os seus esforços promocionais, preferencialmente no sentido dos produtos mais rentáveis.

# Capítulo 5 – Planeamento de Médio prazo



# Capítulo 5 – Planeamento de Médio prazo

## Actividades de planeamento em produção

Planeamento de **longo** prazo

Planeamento de **médio** prazo

Planeamento de **curto** prazo

Orçamentos

## Estratégias de planeamento agregado

Estratégias **puras**

Estratégias **combinadas**

Plano nivelado

## Métodos de planeamento agregado

Método **intuitivo**

Método das **tentativas**

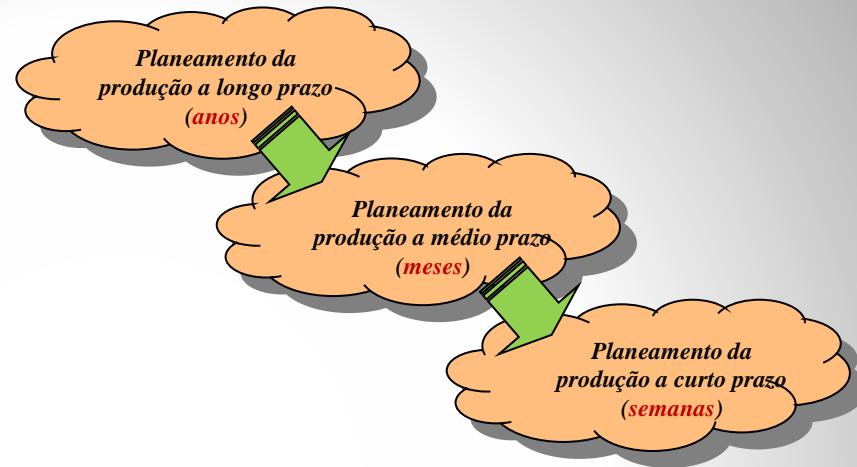
Método de **Programação Linear (PL)**

## Mix preferencial de produtos

## EXCEL - 5

Mix\_produtos

**Planagre**



### Restrições de produção por equipamento (horas/ano):

- 1)  $x_1/q_{11} + \dots + x_3/q_{13} + x_4/q_{14} + \dots + x_6/q_{16} + x_7/q_{17} + \dots \leq T_1$
- 2)  $\dots + \dots + x_3/q_{23} + \dots + x_5/q_{25} + x_6/q_{26} + x_7/q_{27} + \dots \leq T_2$
- 3)  $\dots + x_2/q_{32} + \dots + \dots + \dots + x_6/q_{36} + \dots + x_8/q_{38} \leq T_3$
- 4)  $x_1/q_{41} + x_2/q_{42} + x_3/q_{43} + \dots + x_5/q_{45} + x_6/q_{46} + \dots + x_8/q_{48} \leq T_4$
- 5)  $x_1/q_{51} + \dots + \dots + x_4/q_{54} + x_5/q_{55} + \dots + x_7/q_{57} + \dots \leq T_5$

### Restrições de mercado (toneladas/ano):

- 6)  $x_1 \leq X_1$
- 7)  $x_3 \leq X_3$
- 8)  $x_7 \leq X_7$

### Restrições de matérias primas (toneladas/ano):

- 9)  $x_5 \leq X_5$
- 10)  $x_8 \leq X_8$

### Objectivo: Maximização da margem bruta total (€/ano)

$$Z = \text{Máx} (m_1 \cdot x_1 + m_2 \cdot x_2 + \dots + m_8 \cdot x_8)$$

## Capítulo 6 – Balanceamento

- **Demonstramos** como agrupar as operações em cada PT integrante de uma linha numa sequência lógica, com o objectivo de produzir uma determinada quantidade de um artigo dentro de um certo intervalo de tempo com a máxima eficiência operacional possível. Usamos o **método analítico tradicional** e contrastamo-lo com o de **simulação estocástica**, comentando os resultados.
- **Demonstramos** como **balancear** uma célula de trabalho usando um método gráfico simples.
- **Calculamos** a **dimensão adequada dos acumuladores** (ou *buffers*) a montante de cada PT, de modo a regularizar o fluxo de produção e tornar o planeamento mais fiável em duas circunstâncias:
  - 1) **Interrupção do fornecimento** dos PT's de montante, devido a avarias, defeitos de qualidade, ausência de operador,..., forçando a paragens prolongadas;
  - 2) **Variação dos tempos de operação** dos PT's de montante, obrigando a paragens aleatórias intermitentes de duração curta.

# Capítulo 6 – Balanceamento

## Introdução

### Balanceamento da produção

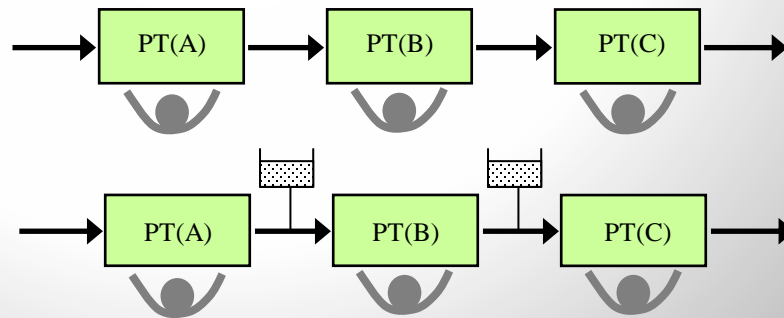
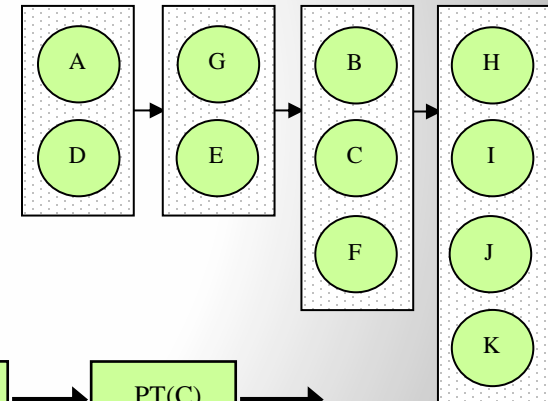
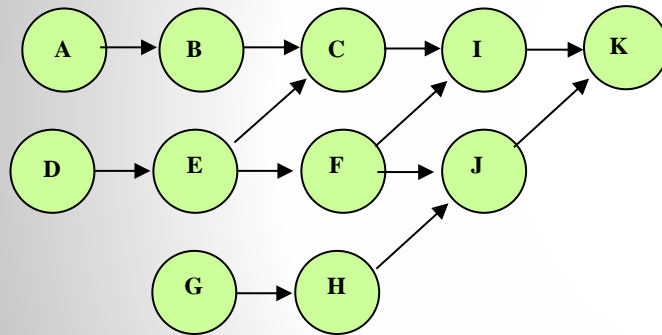
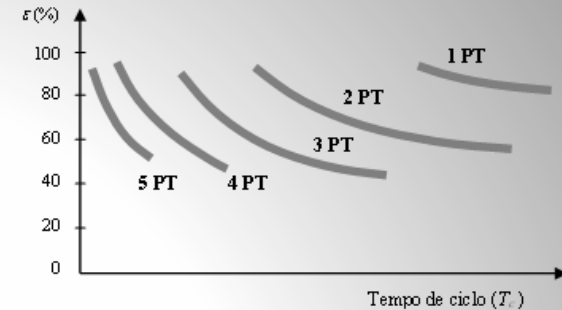
Balanceamento de uma **linha de PT's**

Balanceamento de uma **célula**

### Dimensão de um acumulador entre PT's

Protecção **contra paragens dos PT's de montante**

Protecção **contra a variabilidade dos tempos de operação dos PT's de montante**



## EXCEL - 6

Balanceamento\_1

Balanceamento\_2

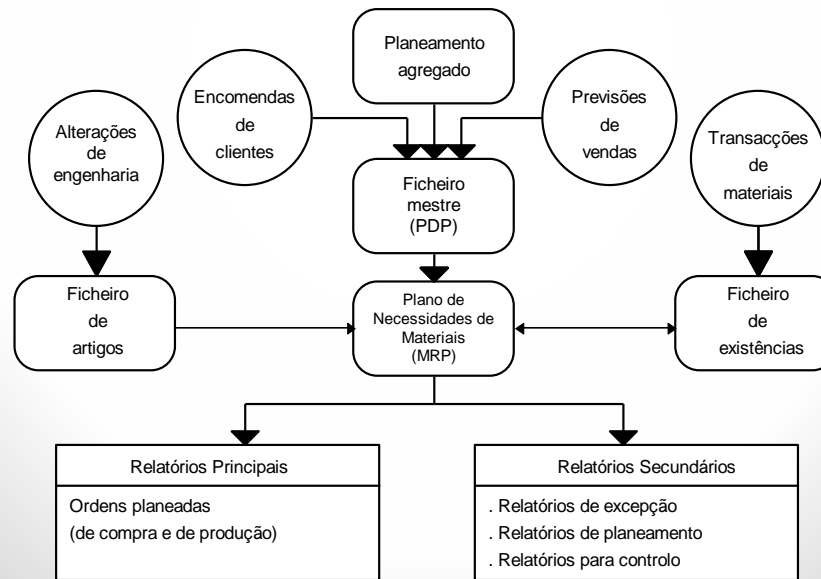
Buffer

Producao\_3PT\_serie\_com

Producao\_3PT\_serie\_sem

# Capítulo 7 – Planeamento de Materiais (MRP)

- **Descrevemos** a estrutura computacional e o **contexto organizacional** do sistema de planeamento MRP.
- **Descrevemos** o **algoritmo computacional de planeamento de ordens de compra** (OC's) e de **fabricação** (OF's) de todos os componentes pertencentes a produtos repetitivos e complexos, bem como as respectivas ordens de montagem (OM's), tendo como base os *inputs* “**encomendas firmes**” de clientes e “**previsões comerciais**”.



# Capítulo 7 – Planeamento de Materiais (MRP)

## Estrutura de um Sistema MRP

Ficheiro Mestre (PDP)

Algoritmo de cálculo do MRP

Ficheiro de artigos (BOM)

Ficheiro de existências

Registo de transacções

Tamanho do lote

Prazo de Disponibilidade

Stock de segurança

Planeamento de **Ordens de Compra** (OC's)

Planeamento de **Ordens de Fabricação** (OF's)

Planeamento com explosão do **BOM**

Programação dinâmica

Evolução do **MRP até ao ERP**

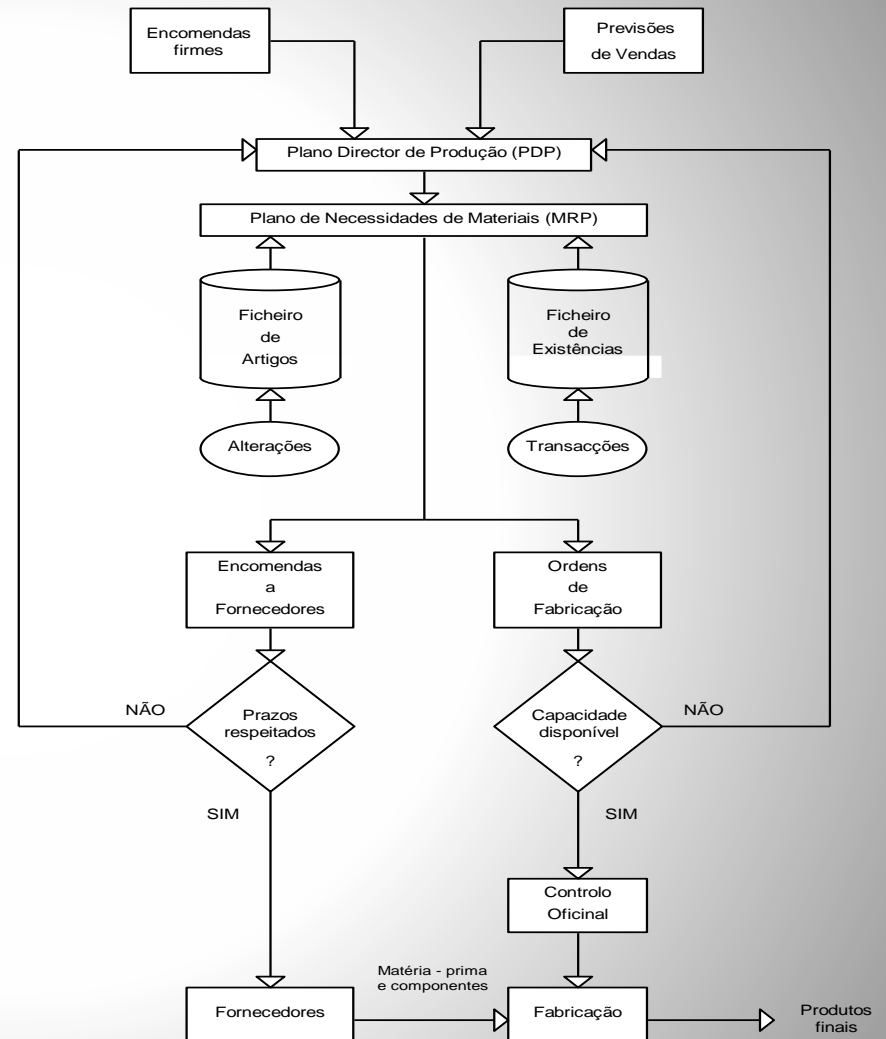
## EXCEL - 7

MRP\_compras

MRP\_fabricacao

MRP\_garrafas

MRP\_mesas





## Capítulo 8 – Planeamento de Cargas (CRP)

- **Verificamos** a **viabilidade de cumprimento das datas propostas pelo MRP** para realização das ordens de fabricação (OF's) de todos os componentes pertencentes a produtos repetitivos e complexos, bem como das respectivas ordens de montagem (OM's), tendo como base as cargas calculadas a partir das **gammas operatórias** e as **restrições de capacidade** dos recursos existentes.
- **Demonstramos** **como realizar o carregamento de OF's**, no pressuposto de existência de **capacidade infinita** nos PT's de **mais tarde para mais cedo** (ou para trás), como se resolve um problema causado pelo surgimento de uma sobrecarga num PT e se procede para **nivelar a carga**, ou seja, minimizar a variação da carga ao longo do horizonte de planeamento.
- **Demonstramos** como realizar o **carregamento contra capacidade finita**, ou **de mais cedo para mais tarde** (ou para a frente), tendo em conta critérios de prioridade.

# Capítulo 8 – Planeamento de Cargas (CRP)

Programação **com e sem carregamento**

Carregamento **contra capacidade infinita**

Carregamento para **trás**

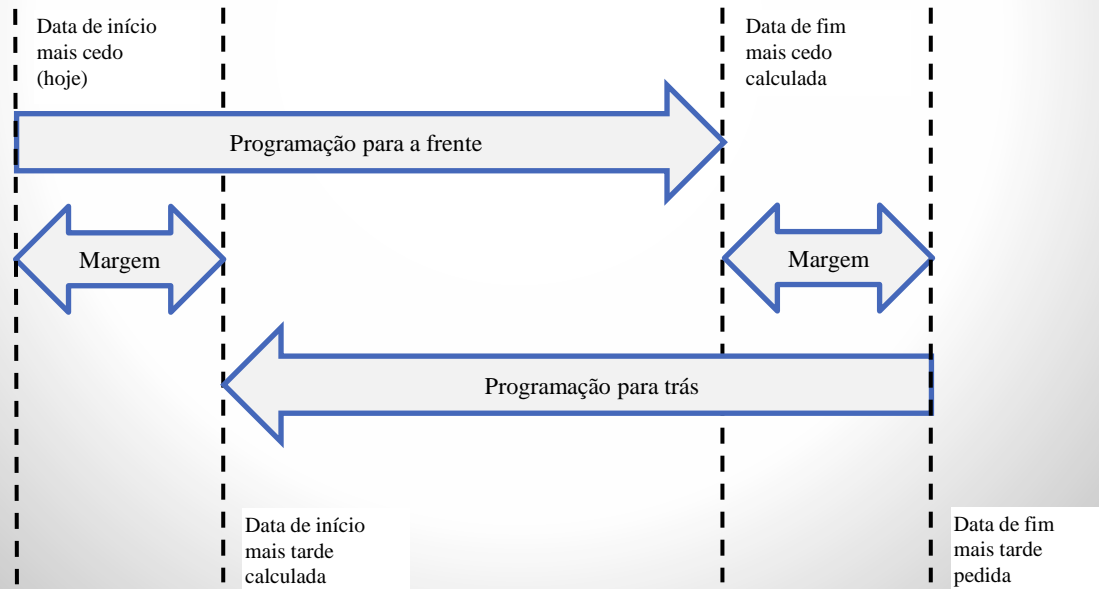
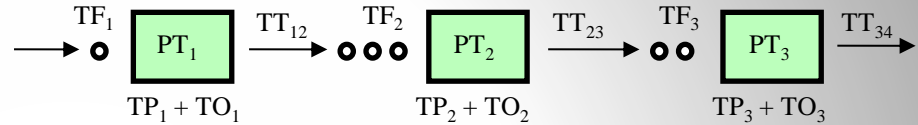
Carregamento para a **frente**

Margem livre

Mecânica do carregamento

Prazo de execução (**lead-time**) de uma OF

Relação “Tempo de operação / Tempo no sistema”



# Capítulo 8 – Planeamento de Cargas (CRP)

Nivelamento de cargas

Carregamento **para trás**

Carregamento **para a frente**

**Nivelamento** de carga

Procedimento geral de nivelamento

Carregamento contra **capacidade finita**

Técnicas de simulação

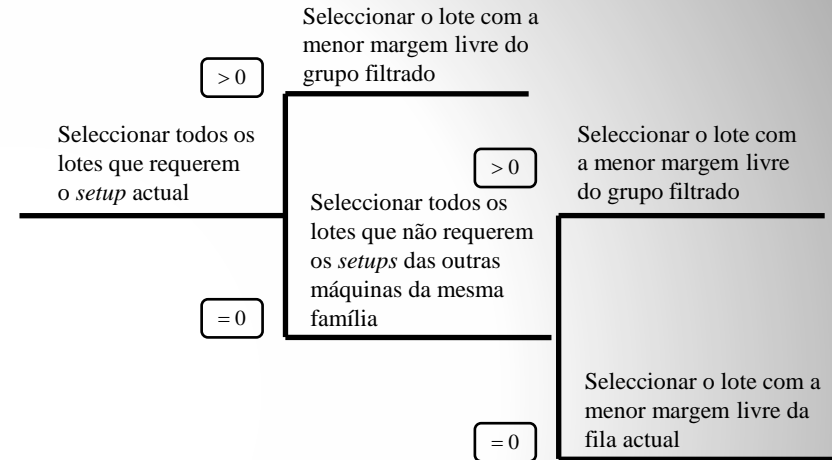
**Regras de prioridade**

Rácio crítico

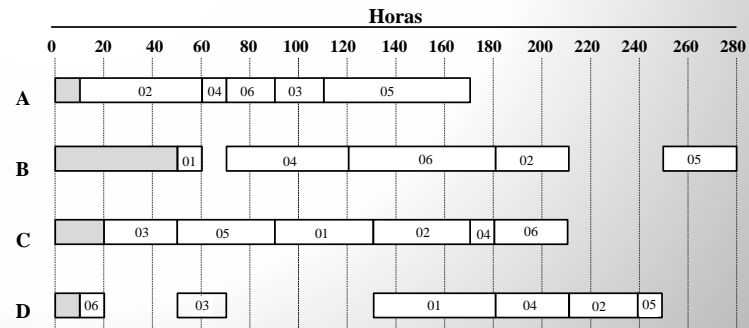
Restrições do carregamento contra capacidade finita

Gráfico de barras ou de *Gantt*

Nivelamento de cargas e carregamento contra capacidade finita



**EXCEL - 8**  
 Prioridades  
 Carregamento



## Capítulo 9 – Controlo da Produção

- **Descrevemos** as funções que devem ser executadas de forma a permitir a passagem da fase do planeamento MRP/CRP à fase de execução dos produtos finais, ou sejam, as funções de Lançamento e de Controlo de Operações.
- **Descrevemos** as técnicas usadas no curto prazo em ambientes de produção intermitente múltipla (*job-shop*) e repetitiva por lotes (*batch*), combinando a limitação da carga (fila de espera) em cada PT, com regras de prioridade de sequenciamento.
- **Descrevemos** as funções de Lançamento e Controlo de Operações, específicas destes ambientes de produção.
- **Descrevemos** as técnicas informatizadas de controlo “entradas-saídas” de carga e de controlo de “prioridades” em cada PT.

# Capítulo 9 – Controlo da Produção

## Lançamento e controlo de operações

### A função Lançamento

#### Controlo de exequibilidade

#### Tipos de OF's

OF's **planeadas**

OF's **planeadas fixas**

OF's **lançadas**

Comparação dos três tipos de OF's

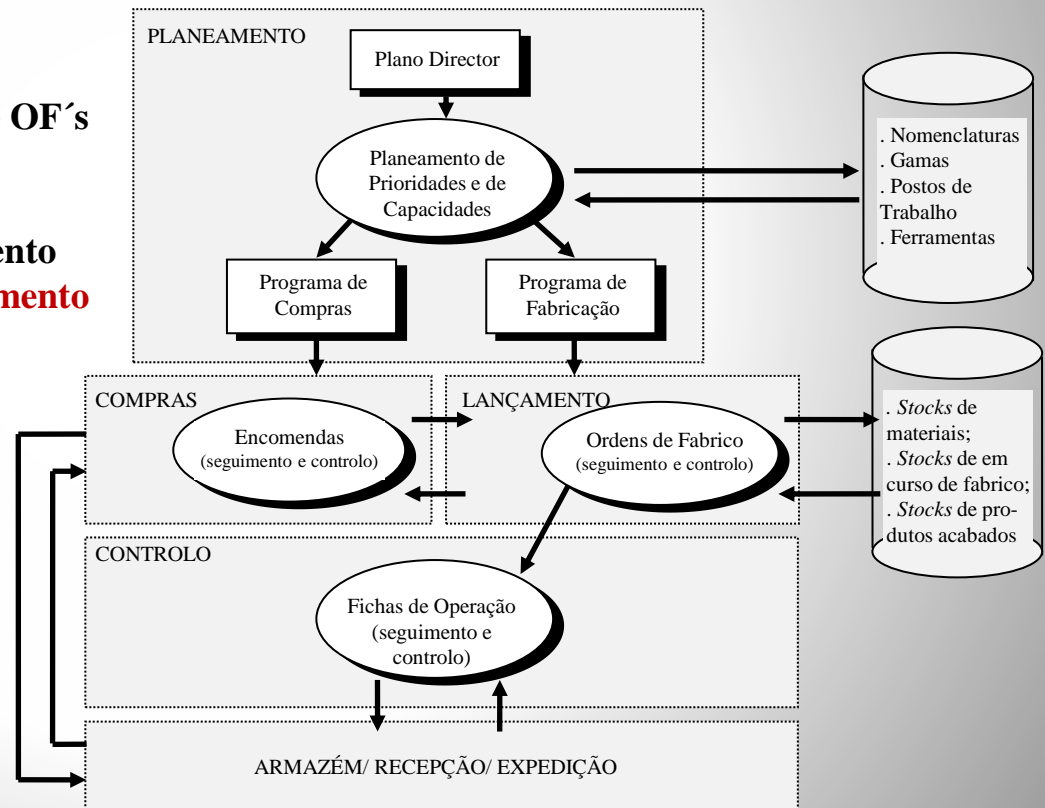
Acções **correctivas** de curto prazo

Caso da produção por **encomenda**

O **suporte documental** do Lançamento

**Regras** de procedimento do Lançamento

**Regras** de modificação do PDP



# Capítulo 9 – Controlo da Produção

## A função Controlo da Produção

O sistema **centralizado**

O sistema **descentralizado** nas Secções fabris

O sistema de **simulação permanente**

## A função Controlo de Operações

Controlo de **entradas-saídas de carga**

**Filas de espera**

Processos de produção (des)contínuos

Filas de espera e **produtividade** de um PT

**Medição** de uma fila de espera

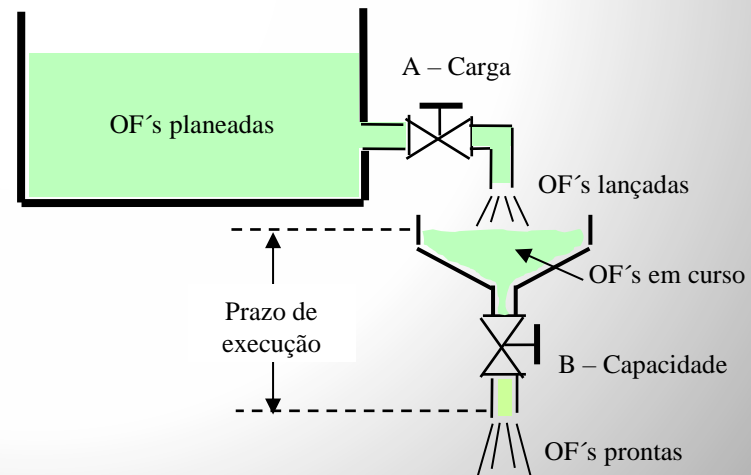
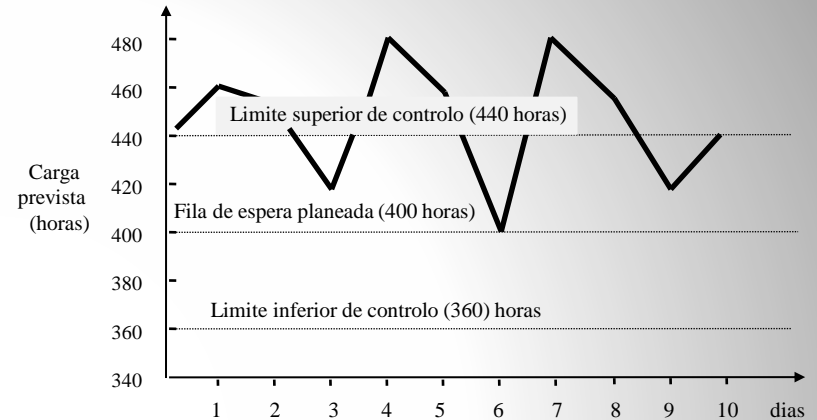
O **Quadro de entradas-saídas (E/S)**

O controlo de **prioridades**

**Combinação** dos dois tipos de controlo

Recolha de **dados da produção**

**Quadro de distribuição de trabalho**



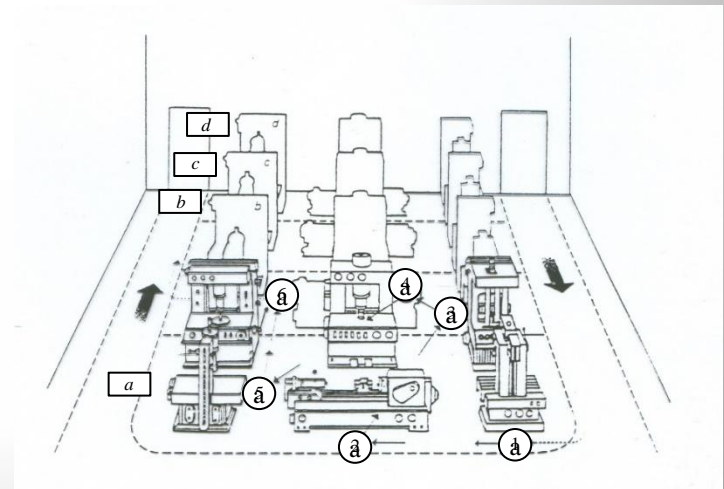
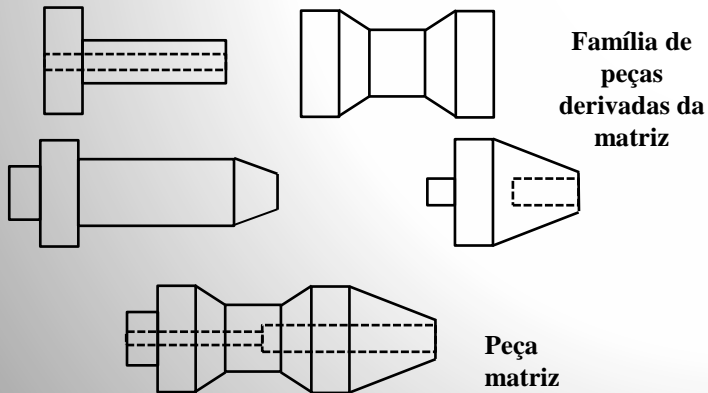
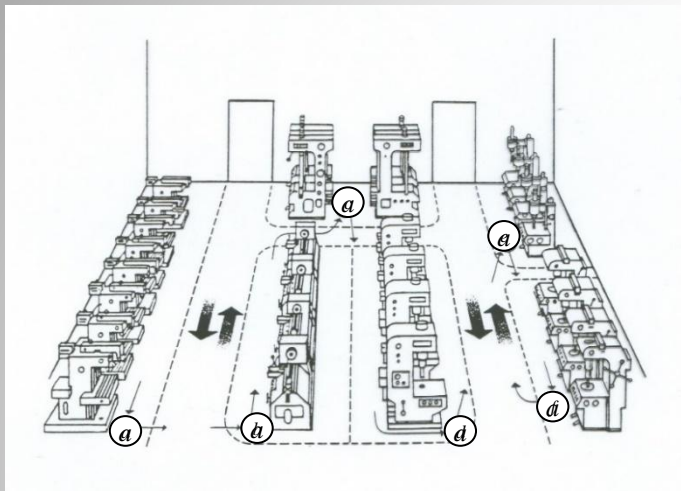
**EXCEL - 9**



## Capítulo 10 – Produção em Fluxo

- **Descrevemos** as duas regras universais do balanceamento.
- **Enfatizamos** a necessidade de, na perspectiva funcional, reduzir ao mínimo possível a duração de paragem para *changeover* de qualquer PT (desde que constitua um estrangulamento do fluxo de produção).
- **Mostramos** como nivelar a carga através de programação uniforme, seleccionando o *mix* de produtos para um certo período e sequenciando-os da forma mais misturada possível “sequência mínima repetível”.
- **Demonstramos** como sequenciar produtos numa linha de produção, na qual os tempos de *changeover* são consideráveis, de forma autónoma (sem a intervenção do planeamento) e sincronizada com a procura.

# Capítulo 10 – Produção em Fluxo





# Capítulo 10 – Produção em Fluxo

Focagem tecnológica (especialização)

**Agrupamento de tecnologias**

Produção LEAN

**Programação uniforme**

Técnica de **sincronização KANBAN**

Minimização dos **tempos de *changeover***

**Balanceamento** de linhas de produção

Programação uniforme de operações

Produção em **volume** *versus* produção em **fluxo**

Programação uniforme

Nivelamento da carga

**Tempo de ciclo (TAKT)**

Dimensionamento de recursos

Programação de **modelos misturados**

Determinação do melhor sequenciamento em linhas com **tempos de *changeover* desprezáveis**

Determinação do melhor sequenciamento em linhas com **tempos de *changeover* não desprezáveis**

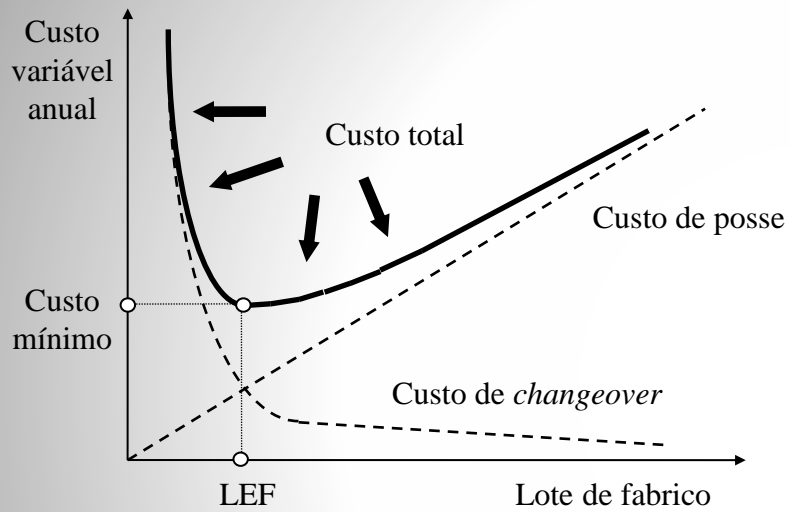
Tempos de *changeover* iguais

Tempos de *changeover* desiguais

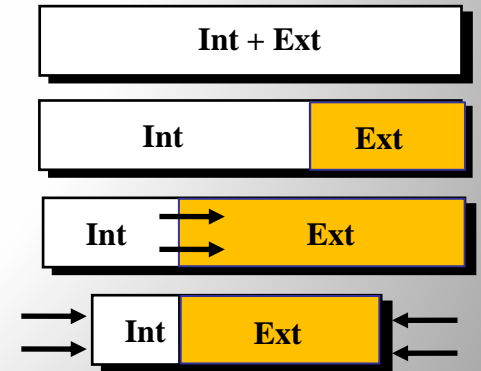


# Capítulo 10 – Produção em Fluxo

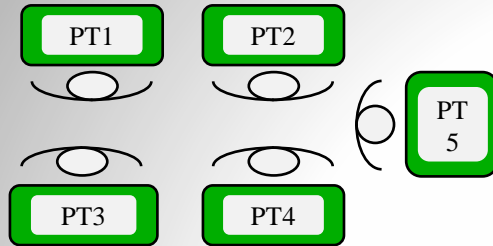
## (tempos mínimos de *change-over*)



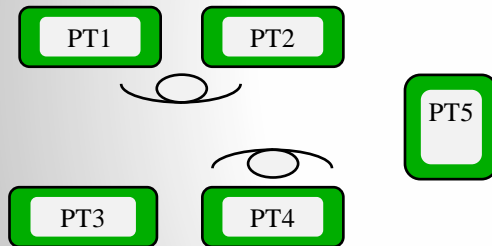
- FASES**
- 0 - Classificar
  - 1 - Separar
  - 2 - Converter
  - 3 - Reduzir



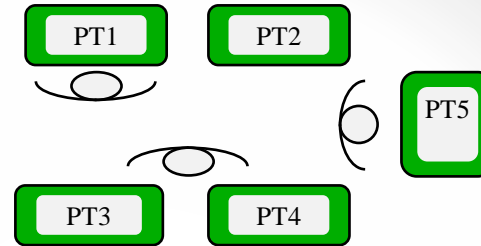
# Capítulo 10 – Produção em Fluxo (polivalência)



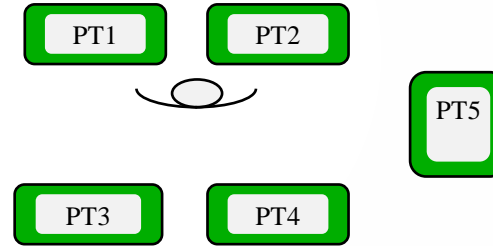
- . **Tempo de ciclo = 1,0 minuto**
- . Um operador por máquina



- . **Tempo de ciclo = 2,5 minutos**
- . Um operador para os PT's 1 e 2 e outro para os PT's 3, 4 e 5



- . **Tempo de ciclo = 1,7 minutos**
- . Um operador para o PT1, outro para os PT's 3 e 4 e outro para os PT's 2 e 5



- . **Tempo de ciclo = 5,0 minutos**
- . Um único operador para todos os PT's

**EXCEL - 10**

*Changeover médio*

Folgas\_1

Folgas\_2

## Capítulo 11 – Sincronização de Operações

Embora tenhamos demonstrado no Capítulo 10 como a produção pode acompanhar de muito perto a procura do mercado, usando a técnica da programação uniforme de modelos misturados e apoiando-se numa *extranet* com os principais clientes, **descrevemos** neste Capítulo a técnica de **sincronização de operações entre os diversos PT's**, ao longo de uma cadeia de produção em fluxo, conhecida por **KANBAN**. Esta técnica muito simples ainda muito popular pode também **sincronizar empresas clientes e fornecedoras**, conforme aqui descrito, todavia com ajuda computacional.

# Capítulo 11 – Sincronização de Operações

A técnica de sincronização **KANBAN**

**Objectivos** da técnica KANBAN

**Organização** da técnica KANBAN

**Funcionamento** da técnica KANBAN

Regras de funcionamento

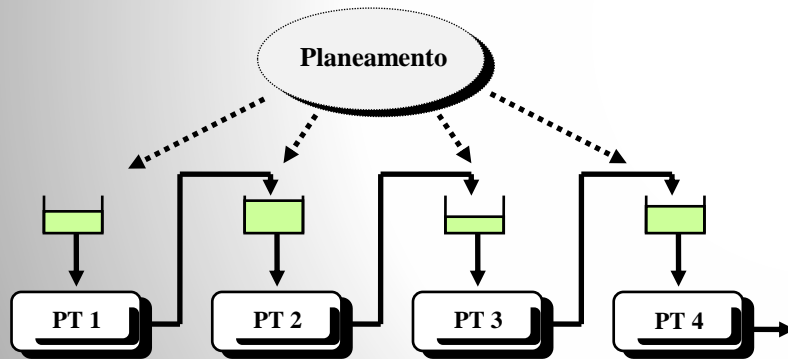
Informação contida numa etiqueta KANBAN

Quantidade de peças por contentor

**Quadro de planeamento**

Circulação das etiquetas KANBAN

Circulação dos contentores



Sistema **PUSH**

Cálculo dos **parâmetros de gestão** KANBAN

Nível máximo (número total de KANBAN's)

Nível de urgência

Nível de reposição

Decisão de lançamento

Técnica KANBAN de **transporte**

Expedição a partir de um Armazém

Movimentação entre departamentos afastados

Outras formas de KANBAN

Boca a boca

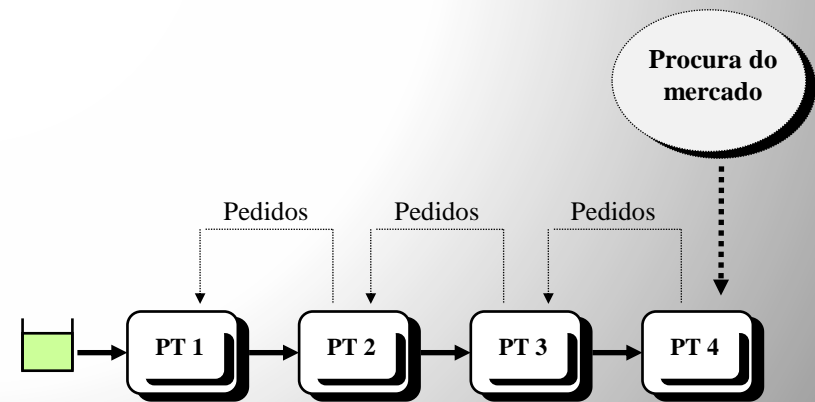
Sinais luminosos

Um sinal num poste

Contentores vazios

**KANBAN electrónico**

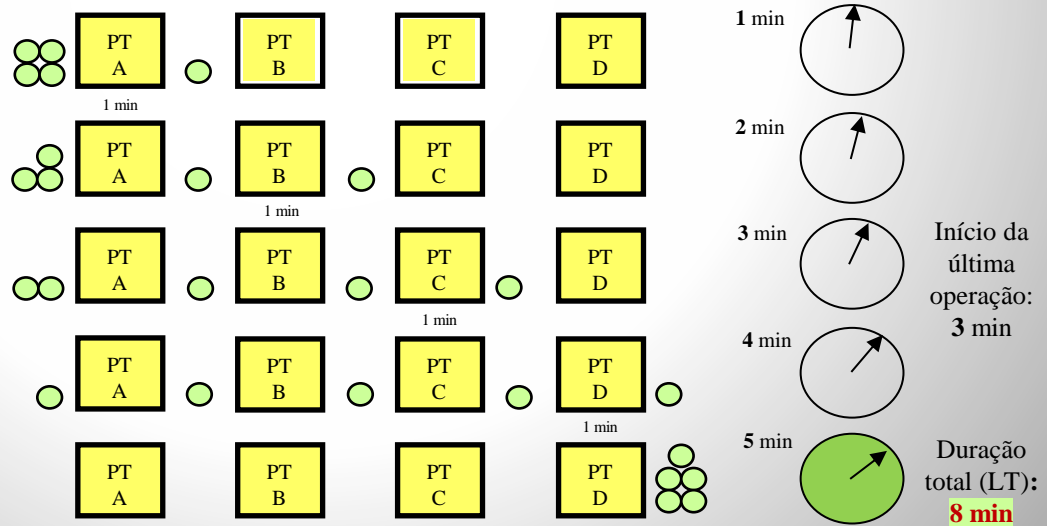
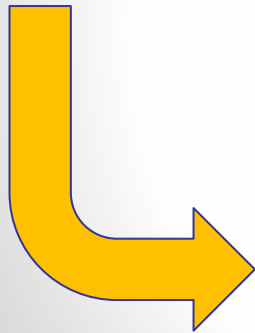
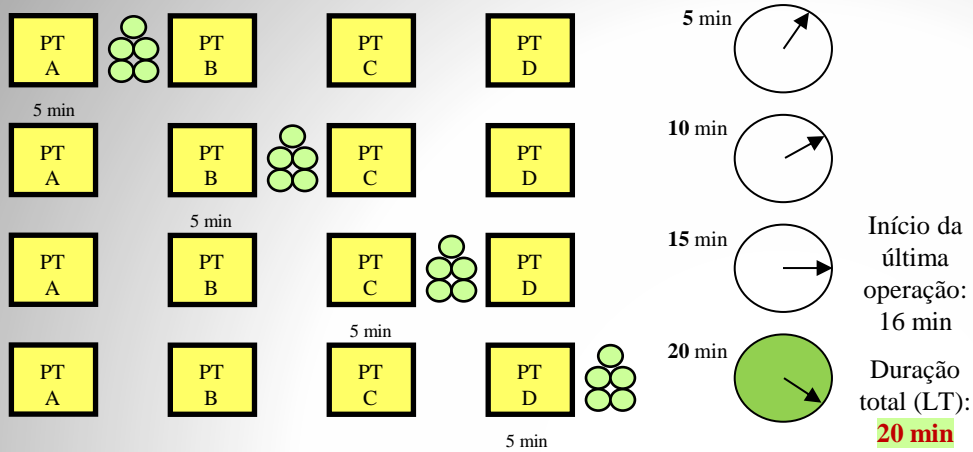
Combinação das técnicas MRP e KANBAN



Sistema **PULL**

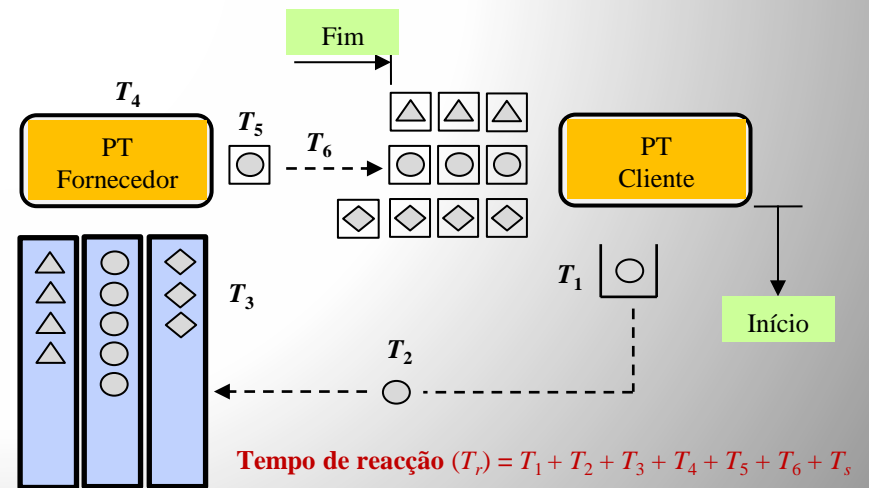
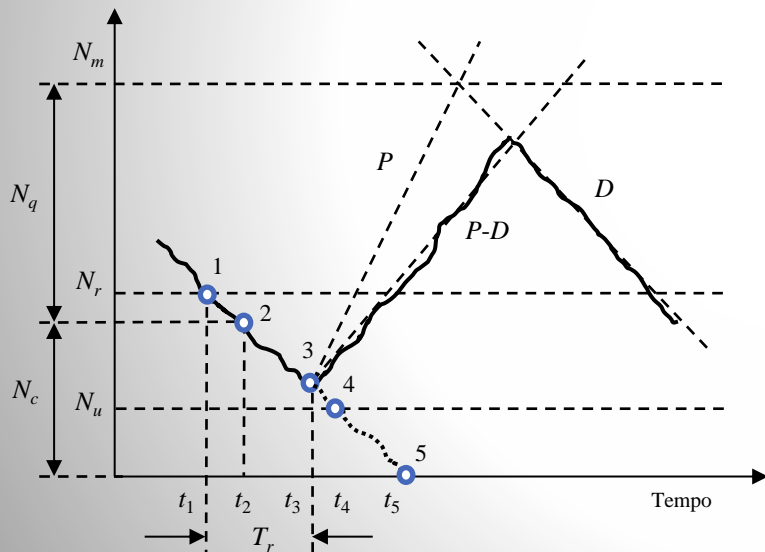
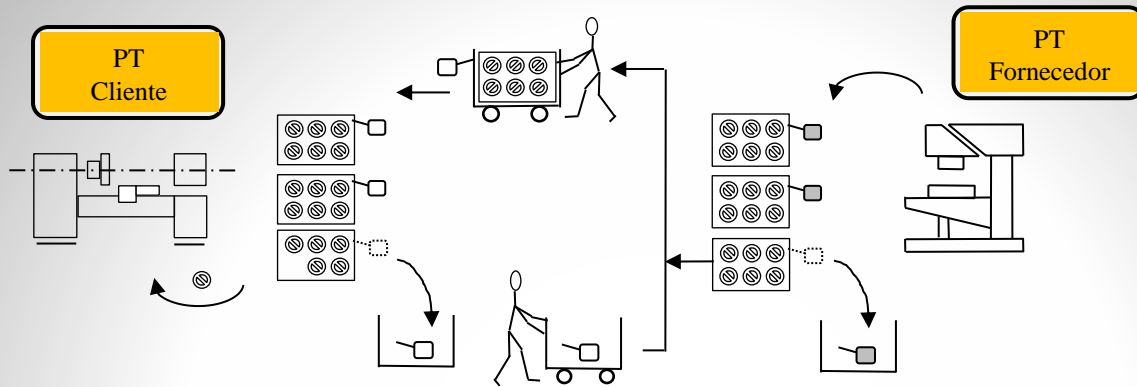


# Capítulo 11 – Sincronização de Operações (*lead time LT*)

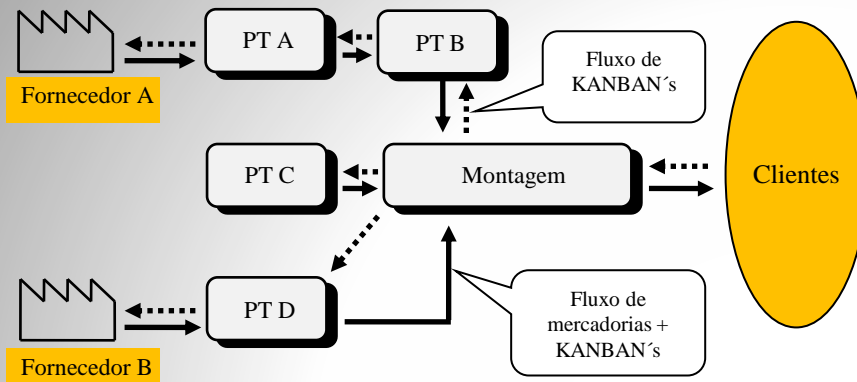




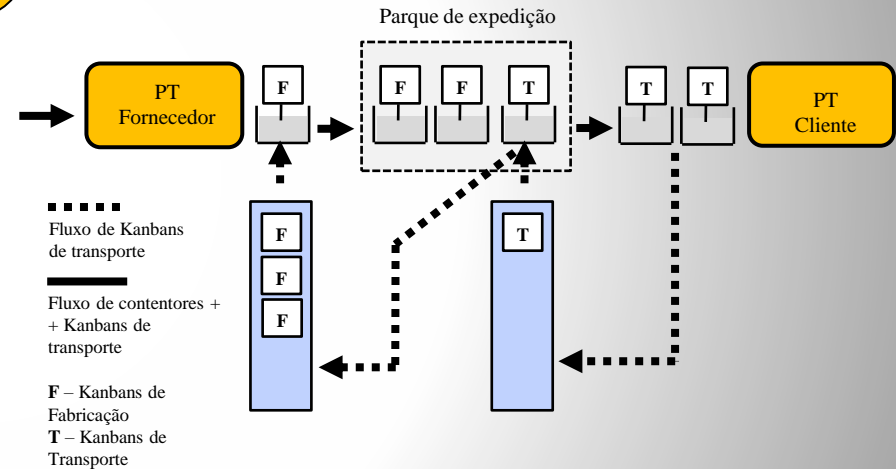
# Capítulo 11 – Sincronização de Operações (tempo reacção $T_r$ )



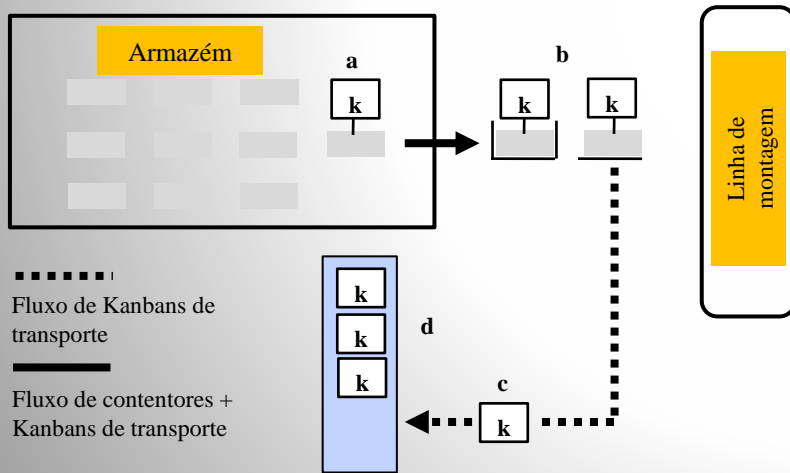
# Capítulo 11 – Sincronização de Operações (vários arranjos)



**KANBAN entre vários agentes económicos**

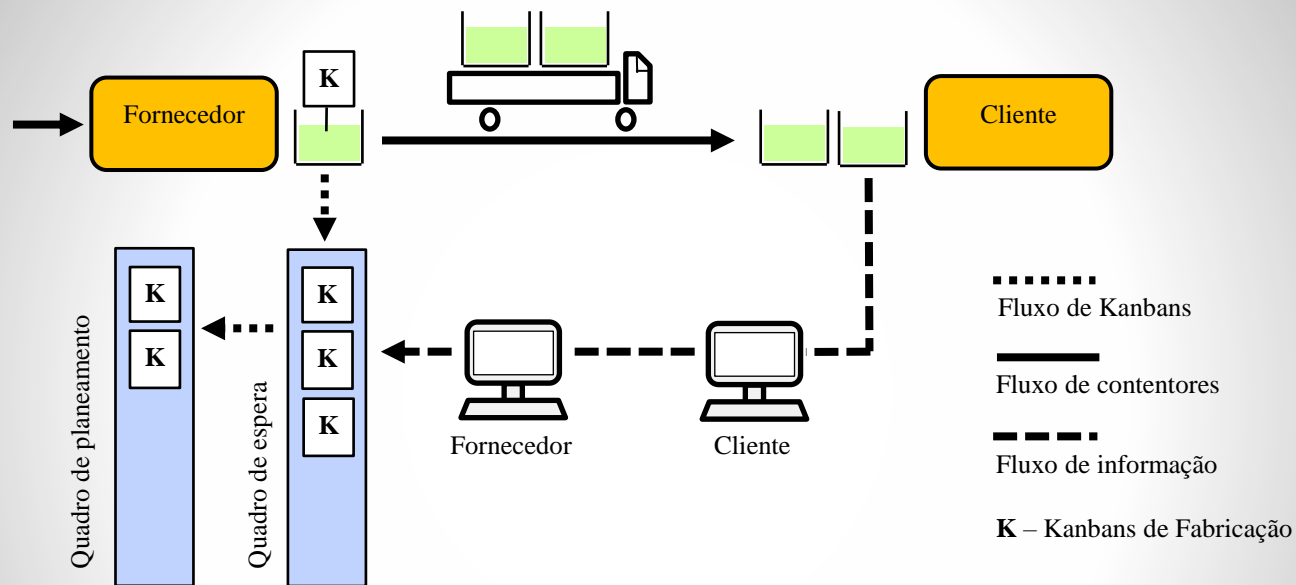


**2 KANBAN's entre Fabricação e Transporte**



**KANBAN entre um Armazém e uma Linha de montagem**

# Capítulo 11 – Sincronização de Operações (KANBAN electrónico)



**EXCEL - 11**

**Nº kanbans**

# Volume III – Economia das Operações e Avaliação do Desempenho Operacional



# Capítulo 12 – Economia Operacional

Descrevemos alguns dos conceitos relacionados com a economia operacional dos recursos usados em produção industrial. Conceitos estes que devem nortear as decisões sobre a capacidade de novos recursos ou servir de guia na selecção das medidas mais adequadas para ajustar continuamente a gestão operacional na prossecução dos objectivos de “melhoria contínua”, isto é, proporcionadores de *outputs* com maior valor e menor custo (maior economia de meios).

## Economias de escala

Investimento *versus* capacidade

Curvas tecnológicas

Custos degressivos com a experiência

Determinação do *break-even*

Lote económico de fabrico

Lote económico colectivo de fabrico

Dimensão de um acumulador entre PT's

Custo de um projecto

Encurtamento da duração de um projecto

Prémios na contratação de serviços

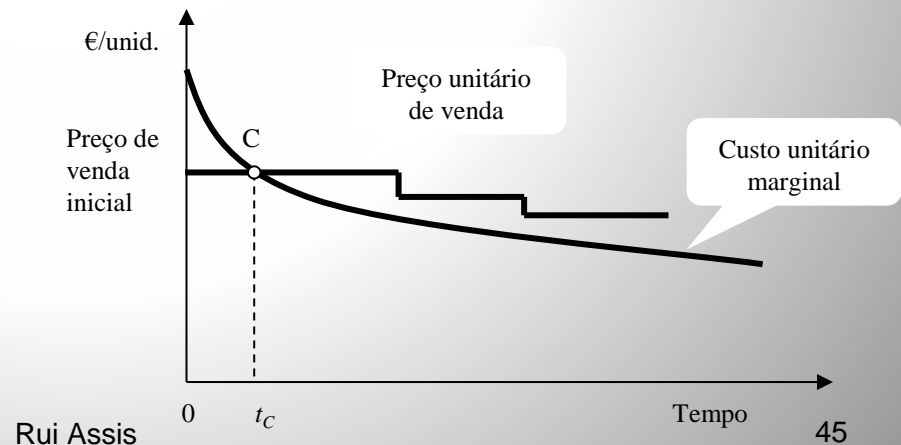
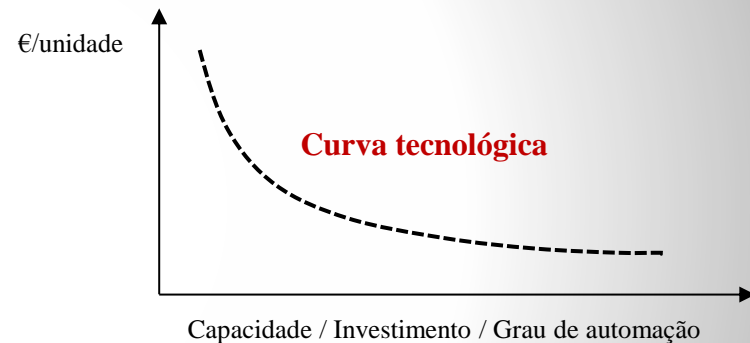
## EXCEL - 12

Break even

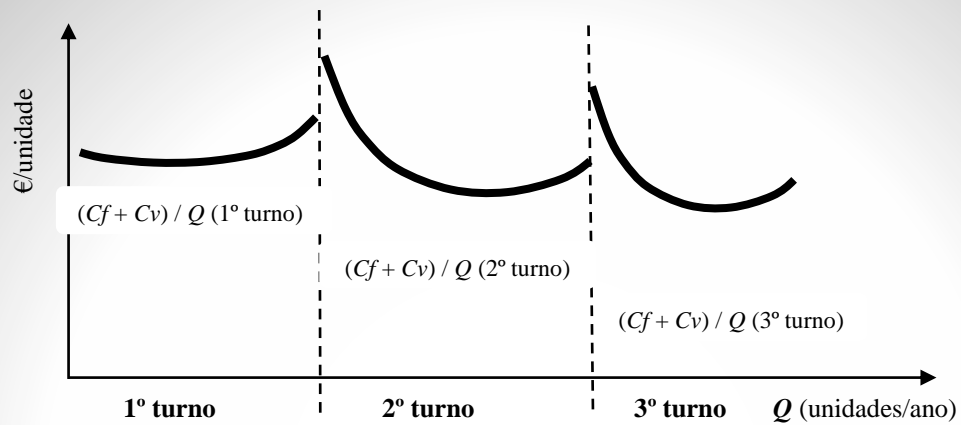
Curvas experiencia\_2

Economias de escala

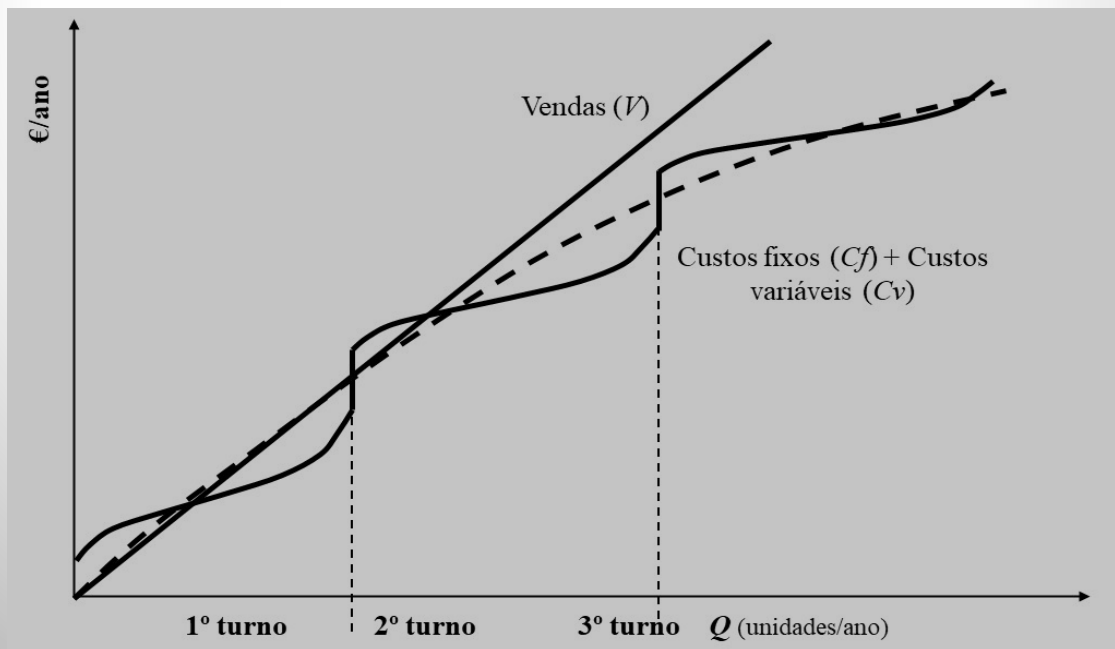
Lote económico



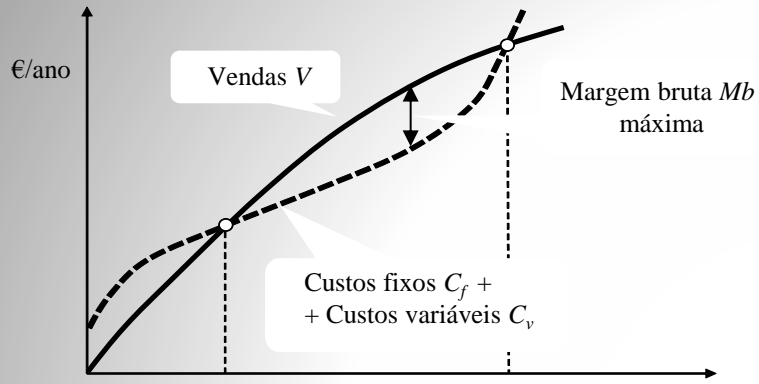
# Capítulo 12 – Economia Operacional (trabalho por turnos)



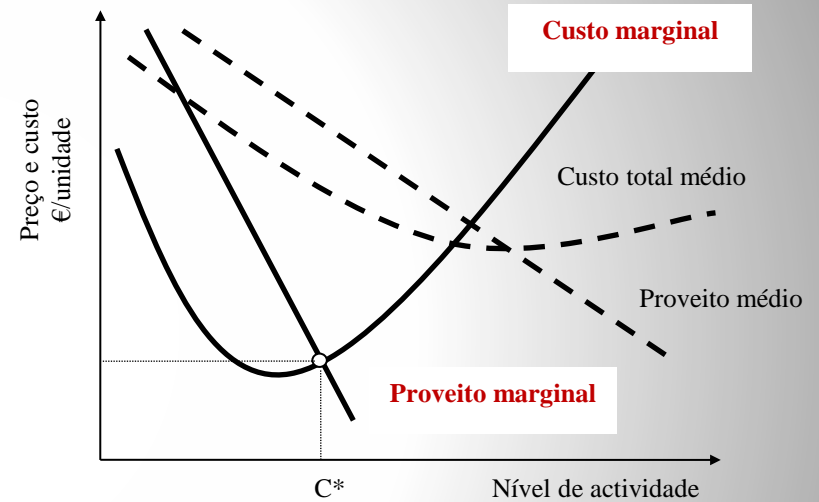
Os custos unitários mínimos **decrecem** com o **trabalho por turnos**



# Capítulo 12 – Economia Operacional (pontos notáveis)



O volume de produção deve situar-se idealmente onde a  **$Mb$  é máxima**

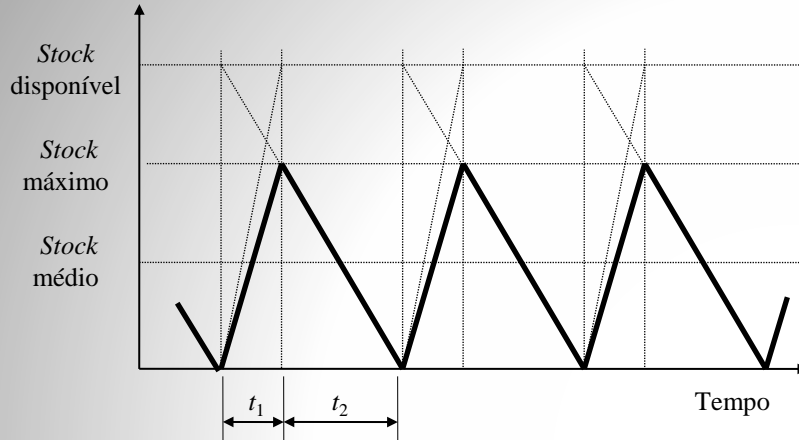


A margem de contribuição é **máxima em  $C^*$**

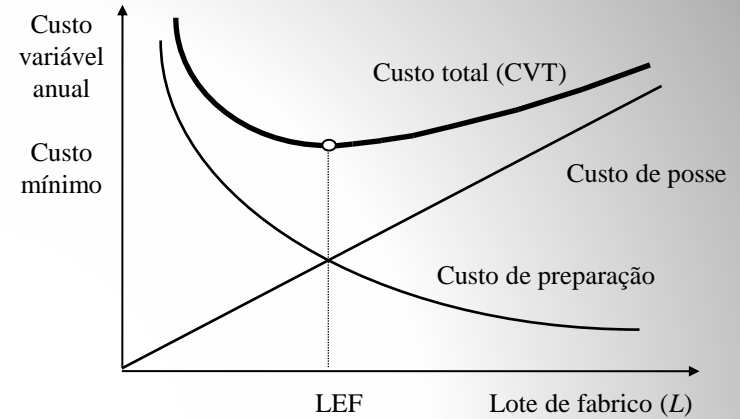
**EXCEL - 12**

**Breakeven**

# Capítulo 12 – Economia Operacional (Lote económico)

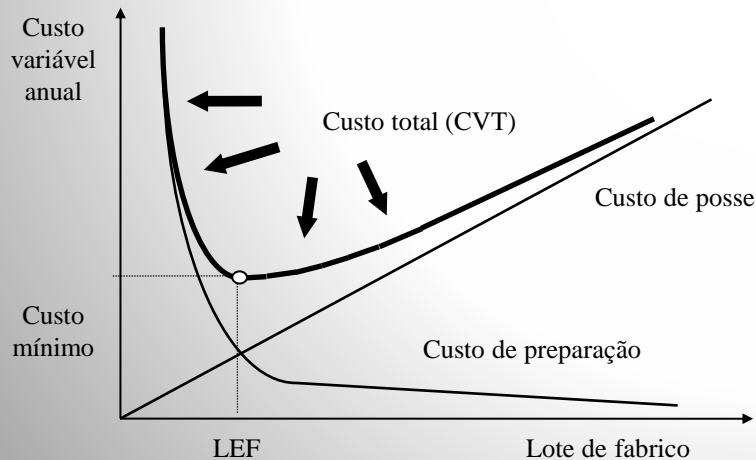


$t_1$  – [Produção - Consumo] ;  $t_2$  – Só consumo



$$CVT = C_p \cdot \frac{\bar{D}}{L} + t.c. \cdot \frac{L}{2} \cdot \left(1 - \frac{\bar{D}}{R}\right)$$

$$LEF = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot C_p}{t.c. \cdot \left(1 - \frac{D}{R}\right)}}$$

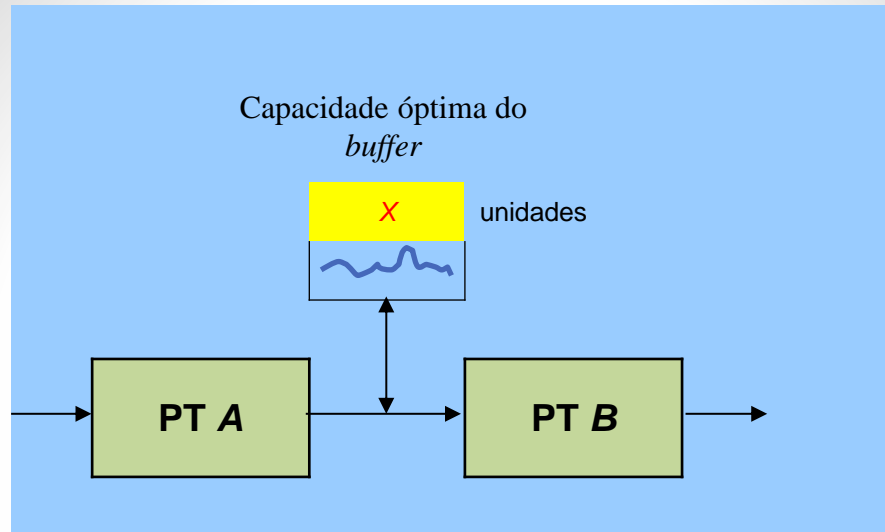


**EXCEL - 12**

**Lote económico**



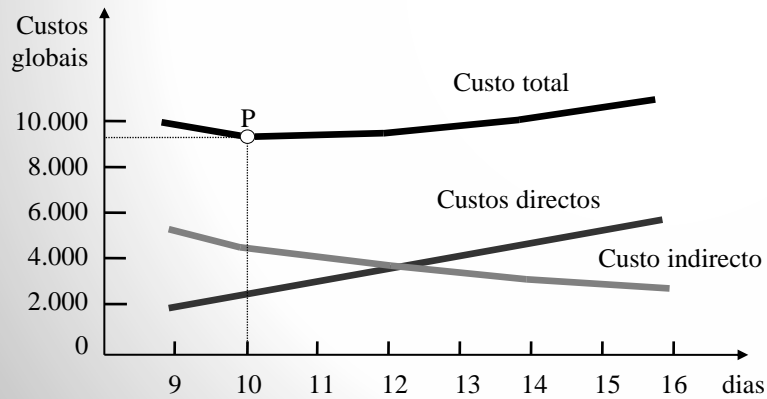
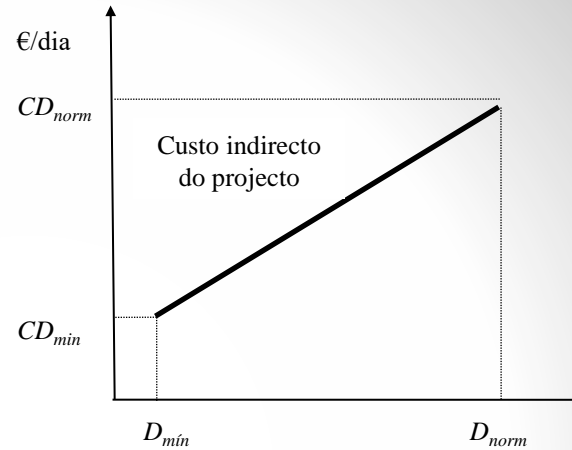
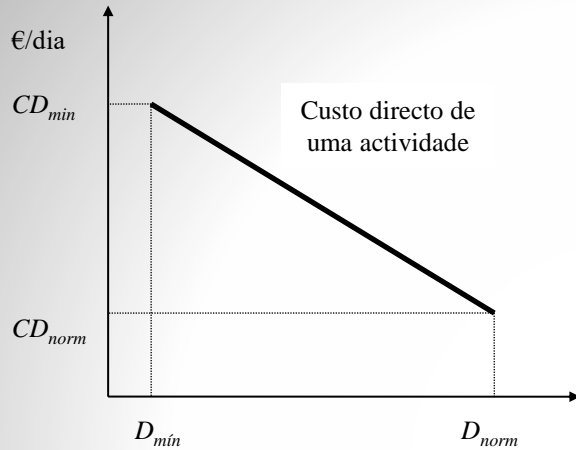
# Capítulo 12 – Economia Operacional (acumulador entre PT's)



**EXCEL - 6**

**Buffer**

# Capítulo 12 – Economia Operacional (custo e prémios num projecto)



**Duração óptima económica** do projecto (10 dias)

**EXCEL - 4**

Caso Ponte rolante (folha Prémios)

## Capítulo 13 – Análise Multicritério

- Muitas decisões não devem ser tomadas apenas com base numa análise económica entre custos de investimento e de exploração. **Outros critérios** emergem muitas vezes durante a discussão dos prós e contras e a sua pertinência, embora de **natureza subjectiva** e dificilmente quantificável, não pode ser posta em causa, pelo que devem ser considerados.
- Dando resposta a esta preocupação, **descrevemos** o método hierárquico multicritério *Analytical Hierarchy Process* (AHP) para apoio à decisão entre várias alternativas, o qual permite ter em conta simultaneamente critérios de natureza **quantitativa** e **qualitativa**, integrados numa estrutura hierárquica lógica e decidir com base no mérito de cada alternativa à luz desta estrutura hierárquica de critérios.
- **Exemplificamos** a aplicação do método em duas situações relativamente comuns em produção industrial: 1) **Localização de um armazém** e 2) **Seleção de um equipamento**.
- No Capítulo 14, recorreremos novamente ao AHP para, combinado com um outro método (MMC), avaliarmos o desempenho da gestão operacional.

# Capítulo 13 – Análise Multicritério

## O Método Hierárquico Multicritério

Construção de uma **hierarquia**

Definição de termos em MHMc

Normalização

Matriz de **comparação dois a dois**

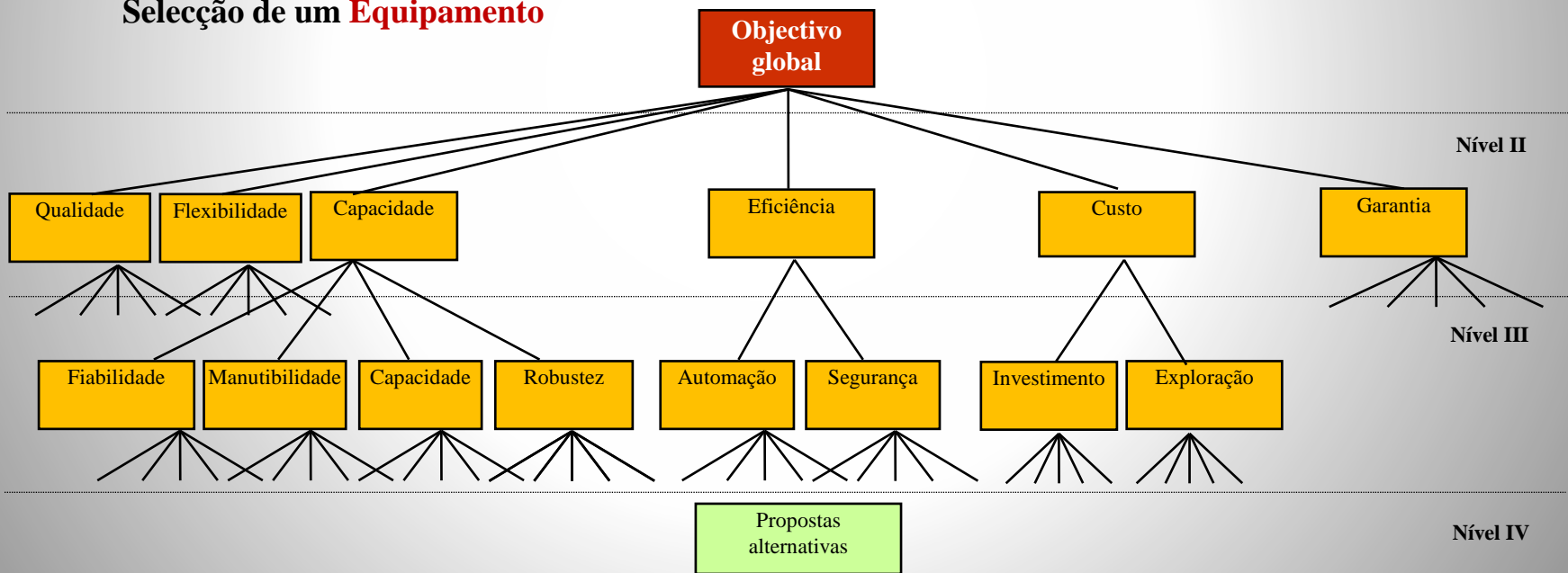
Cálculo do **vector de prioridades**

Determinação da **consistência dos julgamentos**

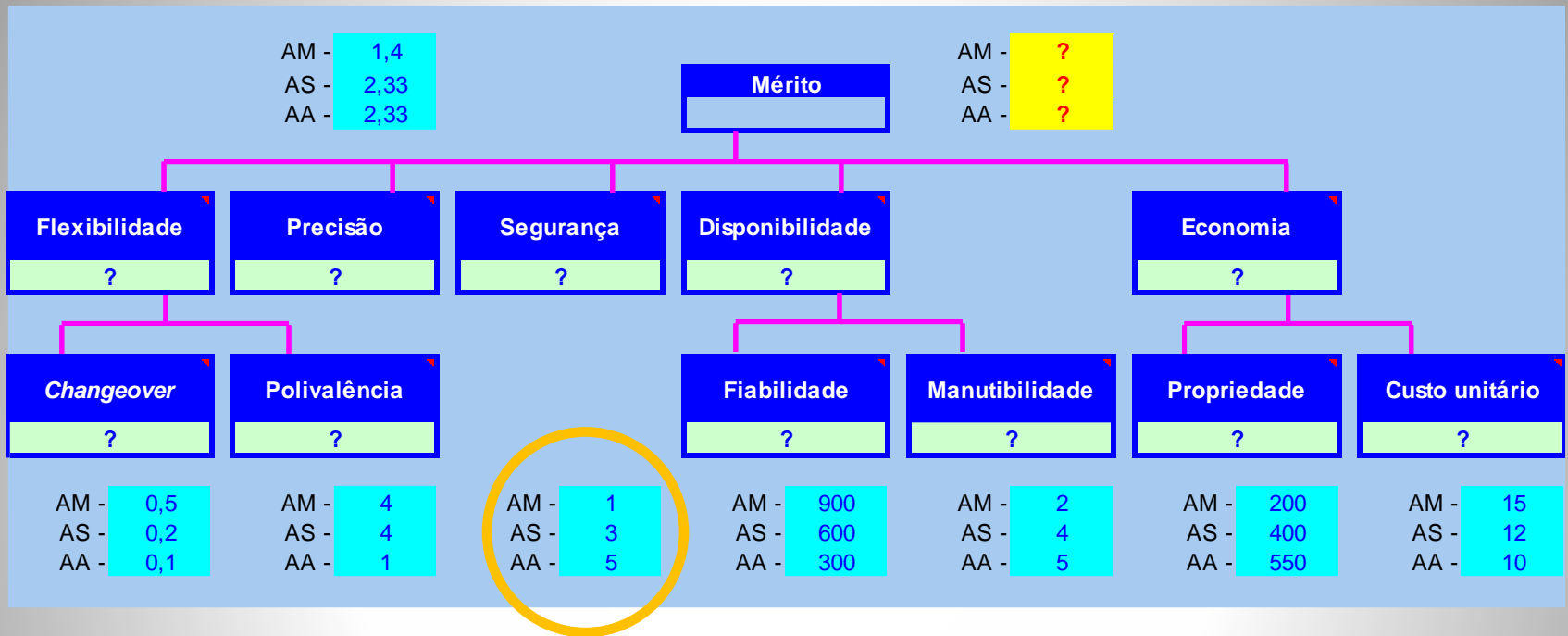
Exemplos de aplicação

Seleção de um **Local para Armazém**

Seleção de um **Equipamento**



# Capítulo 13 – Análise Multicritério (caso Selecção equipamento)



Critério qualitativo

# Capítulo 13 – Análise Multicritério (preferências comparação 2/2 e normalização dos critérios)

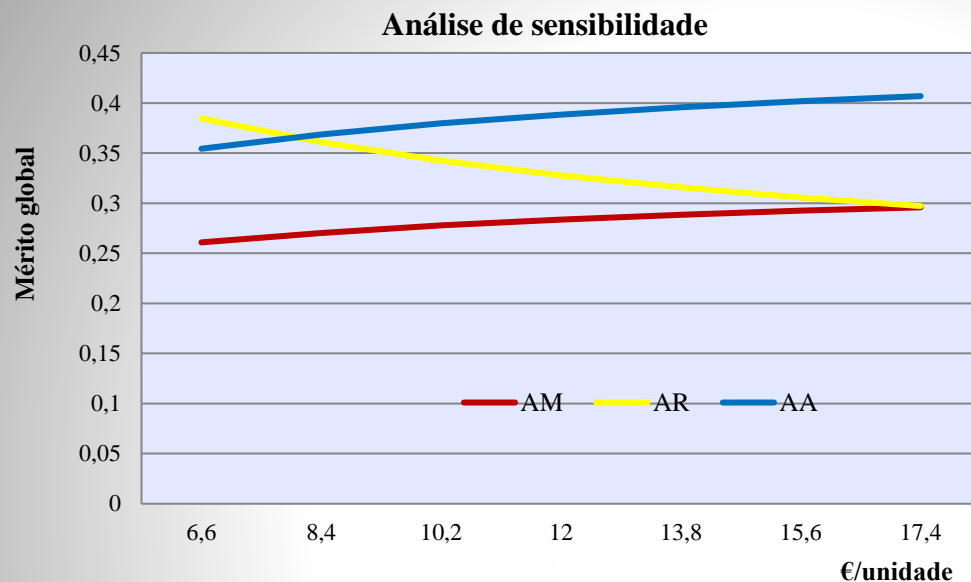
Comparação	Escala
. Se $x$ é tão importante (preferível) como $y$ , então ...	1
. Se $x$ é pouco mais importante (preferível) do que $y$ , então ...	3
. Se $x$ é mais importante (preferível) do que $y$ , então ...	5
. Se $x$ é muito mais importante (preferível) do que $y$ , então ...	7
. Se $x$ é muitíssimo mais importante (preferível) do que $y$ , então ...	9

<b>A</b>	1	1/3	5	6	5
<b>B</b>	3	1	6	7	6
<b>C</b>	1/5	1/6	1	3	1
<b>D</b>	1/6	1/7	1/3	1	1/4
<b>E</b>	1/5	1/6	1	4	1
$\Sigma =$	4,567	1,810	13,333	21,000	13,250

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>
<b>A</b>	0,219	0,184	0,375	0,286	0,377
<b>B</b>	0,657	0,553	0,450	0,333	0,453
<b>C</b>	0,044	0,092	0,075	0,143	0,075
<b>D</b>	0,036	0,079	0,025	0,048	0,019
<b>E</b>	0,044	0,092	0,075	0,190	0,075
$\Sigma =$	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

<b>A</b>	0,288
<b>B</b>	0,489
<b>C</b>	0,086
<b>D</b>	0,041
<b>E</b>	0,095
$\Sigma =$	1,000

# Capítulo 13 – Análise Multicritério (sensibilidade)



## Notas:

1. Quando o custo unitário da alternativa AS aumenta, o seu mérito diminui, enquanto os méritos das duas outras alternativas aumentam.
2. A alternativa AS é a que apresenta maior mérito enquanto o seu custo unitário é inferior a 8,83 € e perde a sua dominância para a alternativa AA quando este limite é excedido.
3. A alternativa AM nunca apresenta uma posição dominante.

**EXCEL - 13**

Seleção equipamento

Seleção local armazém

# Capítulo 14 – Controlo de Gestão

- **Descrevemos** o significado de vários conceitos frequentemente usados para caracterizar ou quantificar medidas de desempenho, quer técnicas (obtidos por equipamentos), quer operacionais (conseguidos por pessoas individualmente ou por grupos). São eles: “qualidade”, “flexibilidade”, “previsibilidade”, “capacidade”, “produtividade”, “eficácia”, “eficiência”, “rentabilidade” e “rendimento (económico e físico)”.
- É **apresentado** um método (próprio) de avaliação contínua do desempenho da Gestão, combinando três métodos conhecidos:
  - 1) Uma hierarquia de objetivos inspirada no BSC (*Balanced ScoreCard*);
  - 2) A transformação de métricas (indicadores) de gestão numa escala de mérito segundo o MMC (*Metrics-Merit Conversion*);
  - 3) O cálculo ascendente dos méritos parciais e ponderados daquela hierarquia segundo o AHP (*Analytical Hierarchy Process*).
- São **exemplificados** no EXCEL dois casos de avaliação do desempenho da gestão: um sobre uma linha de produção e outro sobre fornecedores externos de material. Uma análise de sensibilidade do mérito global a variações das métricas, permite ordenar as medidas de acção segundo o seu contributo para a melhoria do desempenho. Uma restrição orçamental e outra de prazo complementam o processo de priorização de medidas de melhoria.
- **Demonstramos** como conceber no EXCEL uma janela de um qualquer indicador de desempenho, mantê-la actualizada e obter várias estatísticas dentro do horizonte temporal desejado.



# Capítulo 14 – Controlo de Gestão

## Conceitos de **desempenho/performance**

Qualidade

Flexibilidade

Previsibilidade

Capacidade

Eficácia

Eficiência

**Produtividade**

Rentabilidade

Rendimento económico

Rendimento físico

## Organização, **Objectivos e Controlo**

Estruturas organizacionais actuais

**Objectivos** técnicos, organizacionais e estruturantes

**Indicadores** na análise do desempenho

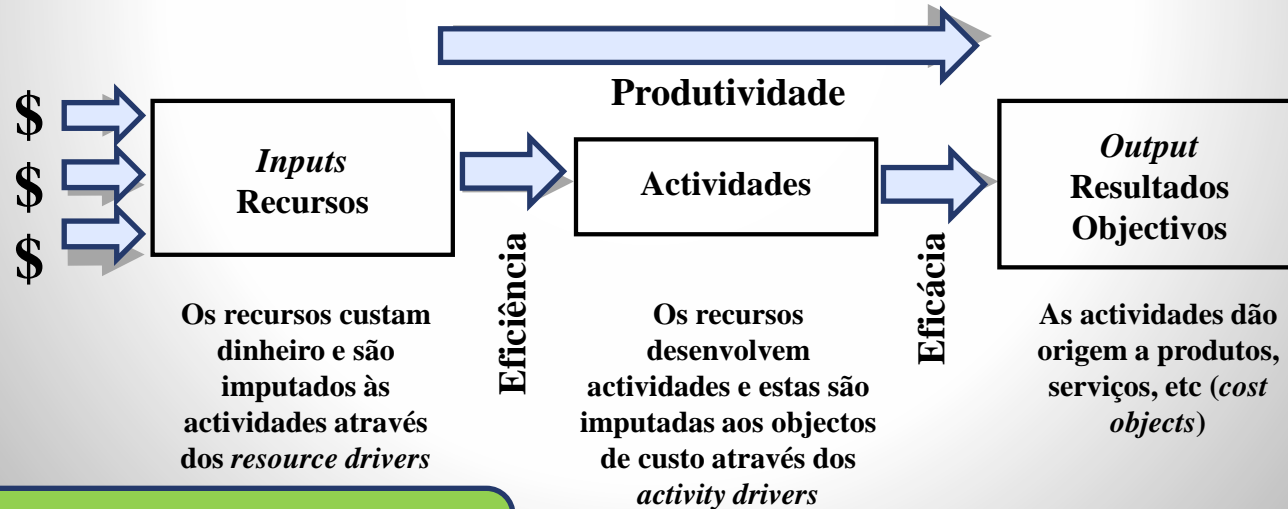
**Variação métrica-mérito**

Avaliação multicritério do mérito

**Priorização** de medidas de melhoria

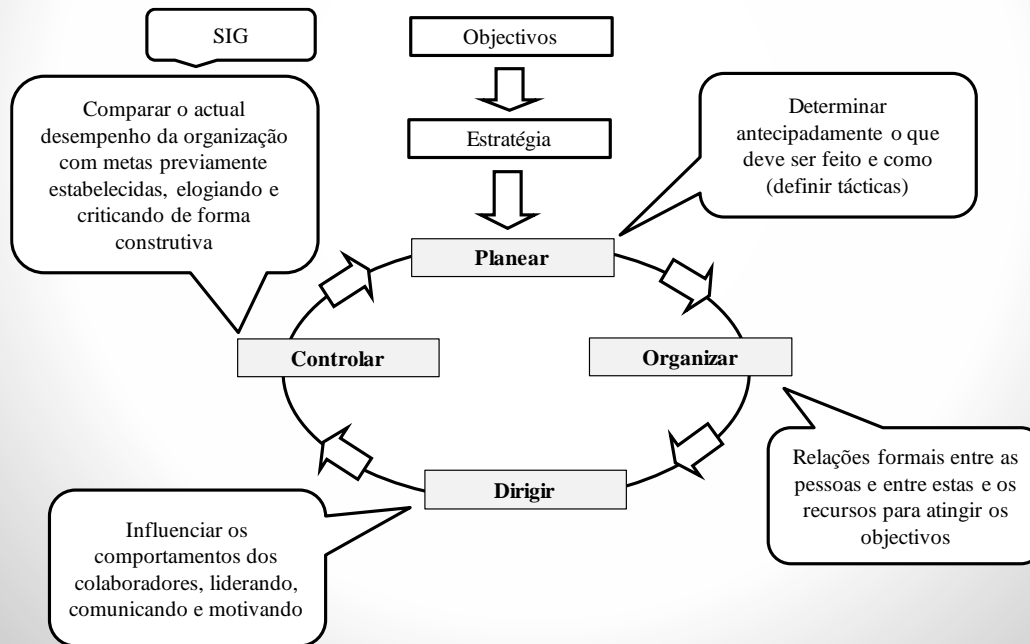
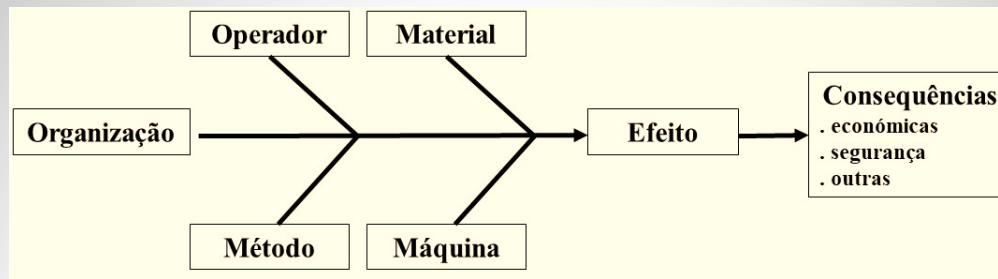
**Melhorias contínuas**

**Monitorização**

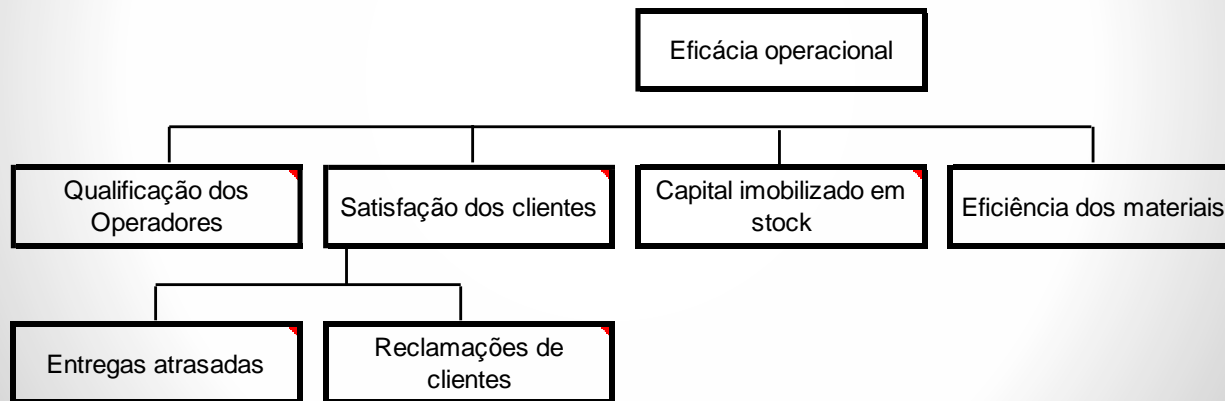
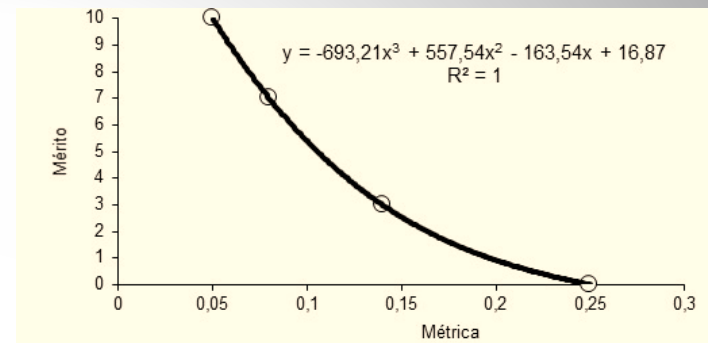
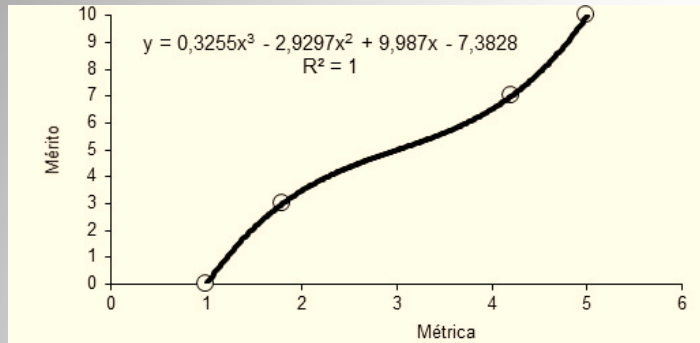


Conseguir o mesmo com menos;  
Conseguir mais com o mesmo;  
Conseguir mais com menos.

# Capítulo 14 – Controlo de Gestão



# Capítulo 14 – Controlo de Gestão



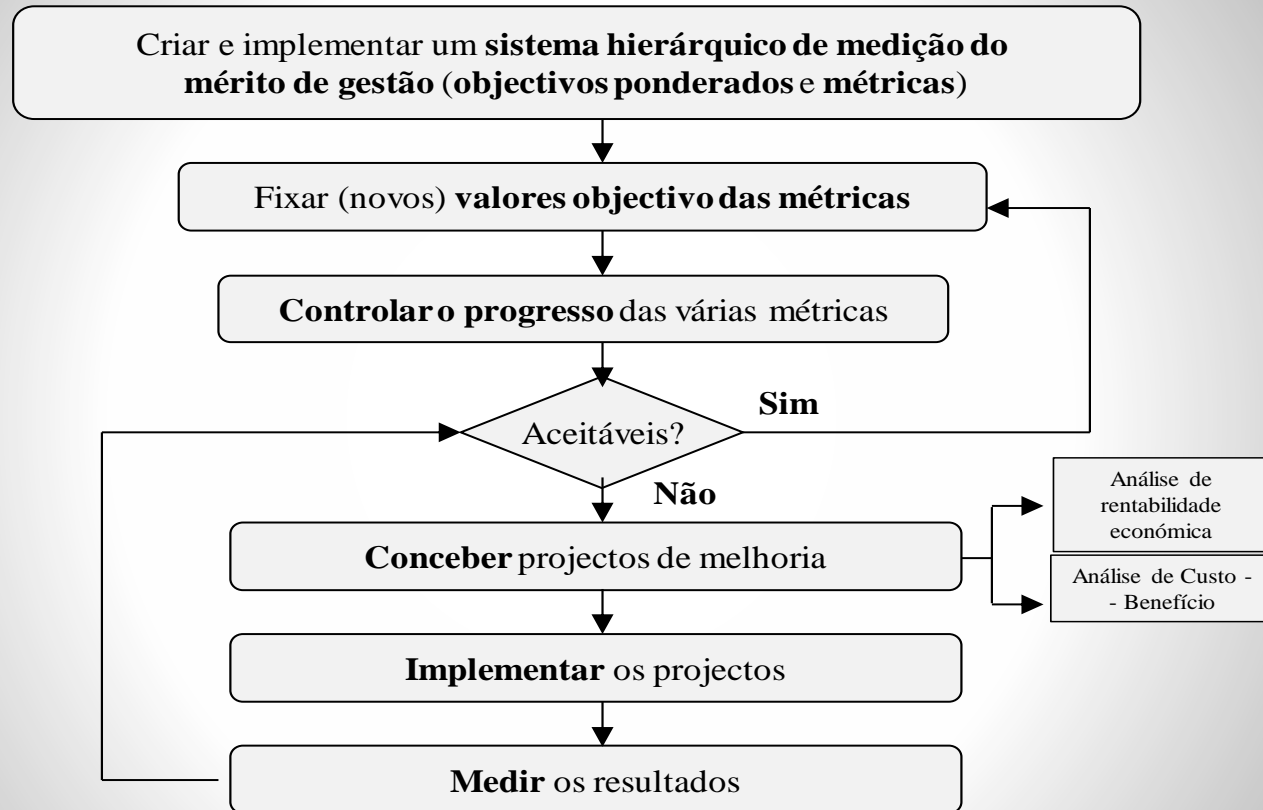
## EXCEL - 14

Avaliação do desempenho\_1

Monitorização

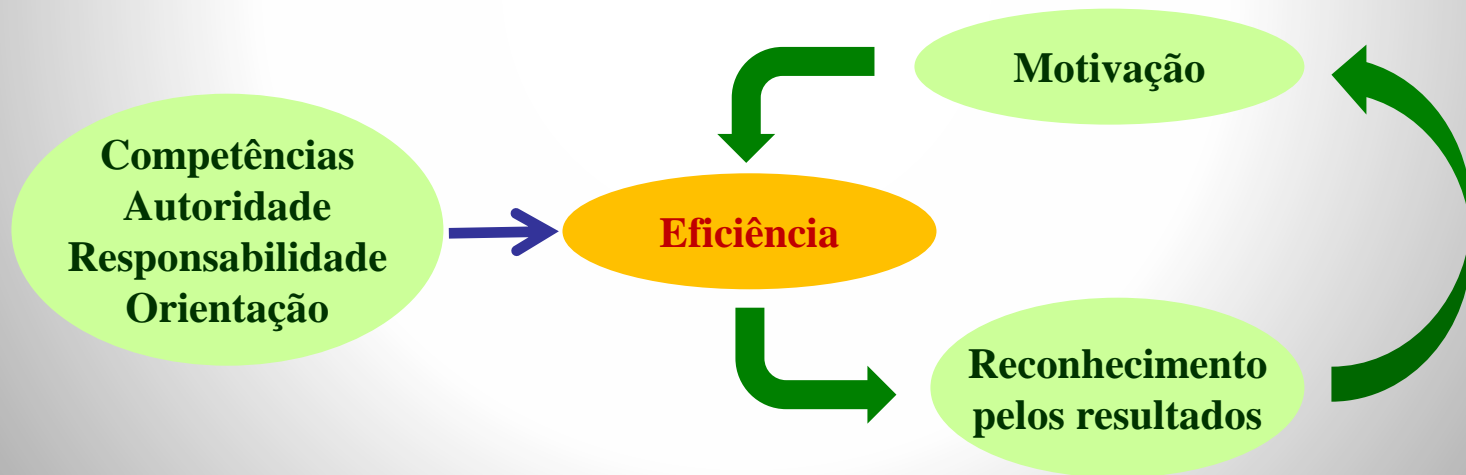
Qualificação de fornecedores

# Capítulo 14 – Controlo de Gestão (melhorias contínuas)



## Capítulo 14 – Controlo de Gestão (Objectivos de um SIG)

- **Alinhar** os objectivos operacionais com os objectivos estratégicos da empresa;
- **Focar** naquilo que é verdadeiramente importante para a empresa no curto, médio e longo prazo;
- **Influenciar** comportamentos no sentido da estratégia;
- **Responsabilizar** pelos resultados (aprender com os erros e premiar o desempenho).



## ANEXOS

Anexo I – **Análise em frequência de dados**

Anexo II – Resumo das técnicas de simulação de Monte Carlo

Anexo III – **Repetidor**

Anexo IV – Resumo do método de custeio ABC

Anexo V – Método de Delphi

**EXCEL - Anexos**

**Análise\_frequência**

Repetidor

# Algumas recomendações

## 1. Manter-se atualizado:

- Lendo revistas especializadas nos temas;
- Estudando continuamente os progressos ocorridos ao longo do tempo;
- Frequentando as principais feiras industriais nacionais e internacionais sobre os temas;
- Frequentando Congressos sobre os temas;
- Aproveitando as oportunidades de visitas técnicas promovidas pela Ordem dos Engenheiros.

## 2. Trabalhar naquilo de que verdadeiramente se gosta

## 3. Não se deixar cair na rotina e procurar novos desafios profissionais (consultoria)

## 4. Respeitar, apoiar e incentivar os nossos colaboradores

## 5. Criticar construtivamente em privado e elogiar em público

**Obrigado pela vossa atenção**

**Rui Assis**

**[rassis@rassis.com](mailto:rassis@rassis.com)**

**<http://www.rassis.com>**