



Departamento Electrónica Industrial
Universidade do Minho

**Escola de Engenharia da Universidade do Minho
Licenciatura em Engenharia Electrónica Industrial**

Disciplina de SIAI 2004/05

Diapositivos de apoio a aulas

**Cristina Manuela Peixoto dos Santos
Departamento de Electrónica Industrial**

TEMA 1



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Introdução aos Sistemas de Manufatura (SM)

Temas a abordar



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

1. Componentes dum Sistema Manufatura (SM)
 - Máquinas de produção
 - Material de manuseamento
 - Sistemas de controlo por computador
 - Recursos Humanos
2. Classificação dos SM
 - Tipos de operações executadas
 - Número de estações de trabalho
 - Nível de automação
 - Variedade de partes ou produtos
3. Resumo do esquema de classificação
 - SM Tipo I : Estações únicas
 - SM Tipo II : Células de múltiplas estações
 - SM Tipo III : Linhas de produção
4. Funções de progresso da manufactura (curvas de aprendizagem)

Introdução aos SM



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

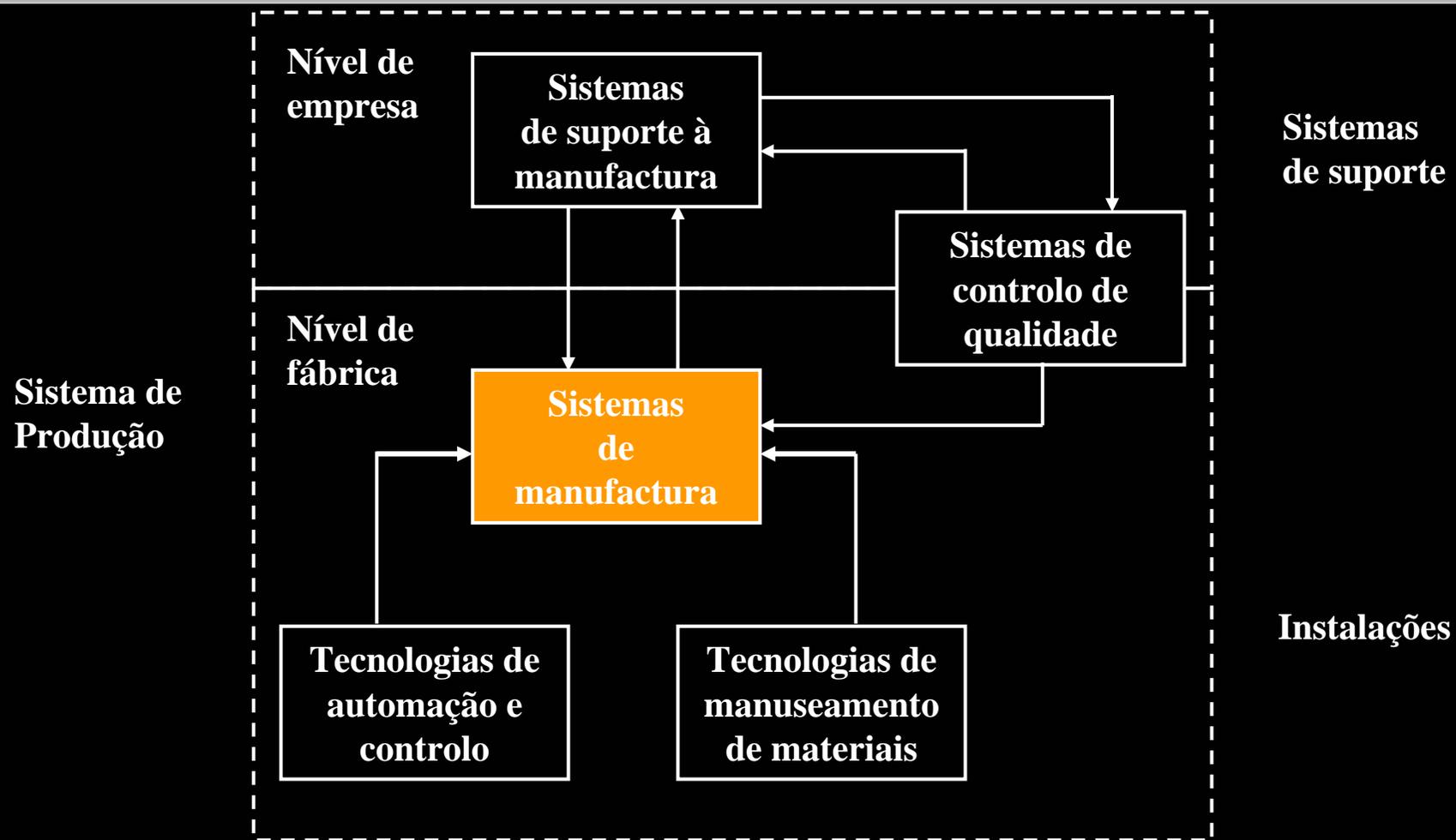
- Colecção integrada de equipamento e recursos humanos,
- Objectivo: executar uma ou mais operações de processamento e/ou montagem numa matéria prima inicial, ou conjunto de partes.
- Equipamento integrado inclui:
 - máquinas de produção e ferramentas,
 - material de manuseamento e de posicionamento e
 - sistemas computadorizados.
- Os recursos humanos são necessários quer a tempo inteiro quer periodicamente.

Os SM correspondem ao trabalho acrescentado na parte ou produto.

Posicionamento dos SM no Modelo conceptual de sistema de produção de manufactura



Departamento Electrónica Industrial
Universidade do Minho



Exemplos de SM



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

- um operador atende uma máquina que opera em modo semi-automático.
- um grupo de máquinas semi-automáticas, operadas por um operador
- uma máquina de montagem completamente automatizada, operada periodicamente por um operador
- um grupo de máquinas automatizadas a trabalhar em ciclos automáticos na produção de uma família de partes similares
- uma equipa de operadores a efectuar operações de montagem numa linha de produção.

Componentes dum SM



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

- máquinas de produção com ferramentas, moldes e outro hardware associado.
- sistemas computadorizados para coordenar e/ou controlar os componentes acima mencionados.
- trabalhadores.

Máquinas de produção



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Nos SM actuais, a maior parte do trabalho de processamento é feito por máquinas ou com a ajuda de ferramentas.

As máquinas podem ser classificadas como:

- operadas manualmente
- semi-automáticas
- Totalmente automáticas.

Máquinas de produção (2)



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Máquinas operadas manualmente:

- Supervisionadas ou accionadas por trabalhadores.
- Máquina fornece a potência e o operador o controlo.
- A presença do operador é continuamente requerida.

Máquinas semi-automáticas:

- Executa uma porção do ciclo de trabalho com alguma forma de programa de controlo e um operador opera a máquina o resto do ciclo, carregando-a e descarregando-a ou executando outra tarefa em cada ciclo.

Máquinas semi-automáticas



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Ex:

Uma máquina CNC que requer operação humana para:

- remover a parte acabada e
- colocar a próxima parte a trabalhar no fim.

Nestes casos, o operador tem que operar a máquina em cada ciclo, mas nem sempre é exigida a sua presença durante todo o ciclo.

Operador pode operar mais do que uma máquina.

Máquinas automáticas



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Máquinas automáticas

- Podem operar por largos períodos de tempo (mais do que um ciclo de trabalho) sem intervenção humana.
- Não é requerida a presença contínua do operador.

Por exemplo: máquinas de injeção nas quais ao fim de um determinado número de ciclos o operador deve retirar as partes produzidas e substituir por caixas vazias.

Estação de trabalho em SM



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Estação de trabalho em SM

Localização na fábrica onde tarefas bem definidas ou operações são executadas por:

- uma máquina automática,
- uma combinação homem-máquina,
- ou um trabalhador com ferramentas.

Um sistema com múltiplas estações de trabalho denomina-se linha de produção, linha de montagem, célula de máquinas, etc...

Sistemas de manuseamento de material



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Nas operações de processamento e montagem executadas em partes ou produtos, devem existir as seguintes

funcionalidades:

1. Carregar e descarregar unidades de trabalho,
2. Posicionamento das peças de trabalho em cada estação.

SMS com múltiplas estações de trabalho requerem:

3. Transporte das unidades de trabalho entre estações (manual ou sistema automatizado de transporte).

Os sistemas de manuseamento de material também fornecem

4. uma funcionalidade de armazenamento temporário.

Objectivo: assegurar a presença contínua de material nas estações, evitando que estas parem.

1) Carregamento/d Descarregamento das unidades de trabalho



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Estas funcionalidades ocorrem em cada estação de trabalho:

Carregamento - envolve o movimento das unidades de trabalho duma fonte dentro da estação de trabalho para a máquina de produção ou processamento.

- As partes iniciais podem estar em contentores (paletes, caixas, etc) na vizinhança da estação.
- Caso as operações de processamento exijam precisão a unidade de trabalho deve também ser posicionada na máquina de produção.

Posicionamento - providencia que a parte esteja colocada numa posição e orientação relativa à cabeça de trabalho ou ferramenta que executa o trabalho.

1) Carregamento/descarregamento das unidades de trabalho (2)



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Workholder - Equipamento que posiciona com precisão, mantendo firme a peça e resistente a quaisquer forças que possa ocorrer durante o processamento.

Exs: tabuleiros, caixilhos, etc..

Descarregamento - Retirar a peça após o término da operação de produção. Remoção da máquina de produção e colocação num contentor na estação ou preparação para o transporte.

Máquina de produção manual ou semi-automática - carregamento, posicionamento e descarregamento são executados por operador quer manualmente quer utilizando uma grua.

Estações de trabalho automáticas - um dispositivo mecânico realiza estas funcionalidades: robot industrial, alimentador de partes ou um des-paletizador automático.

3) Transporte de partes entre estações



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

... significa o movimento de partes entre estações de trabalho num sistema de multi-estações.

Executada manualmente ou por equipamento apropriado.

Transporte Manual - mover as peças individualmente ou em lotes.

Peças devem ser leves e pequenas, de forma ao trabalho manual ser ergonomicamente aceitável.

Se pesadas deve ser usado equipamento adequado, como guias.

Ex. : linhas de montagem manuais e grupos de células de máquinas.

Diversos tipos de equipamento mecanizado e automatizado para transporte de peças de trabalho nos SMs.

Transporte de partes entre estações (2)



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Duas categorias gerais de transporte, dependendo do tipo de roteamento entre estações:

- Roteamento variável
- Roteamento fixo.

Roteamento variável



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Roteamento variável

- Peças de trabalho são transportadas através de uma variedade de diferentes sequências de estações.
(SM - processamento ou montagem de diferentes peças de trabalho).
- Transporte associado com o trabalho de produção de loja e muitas operações de produção de lotes.

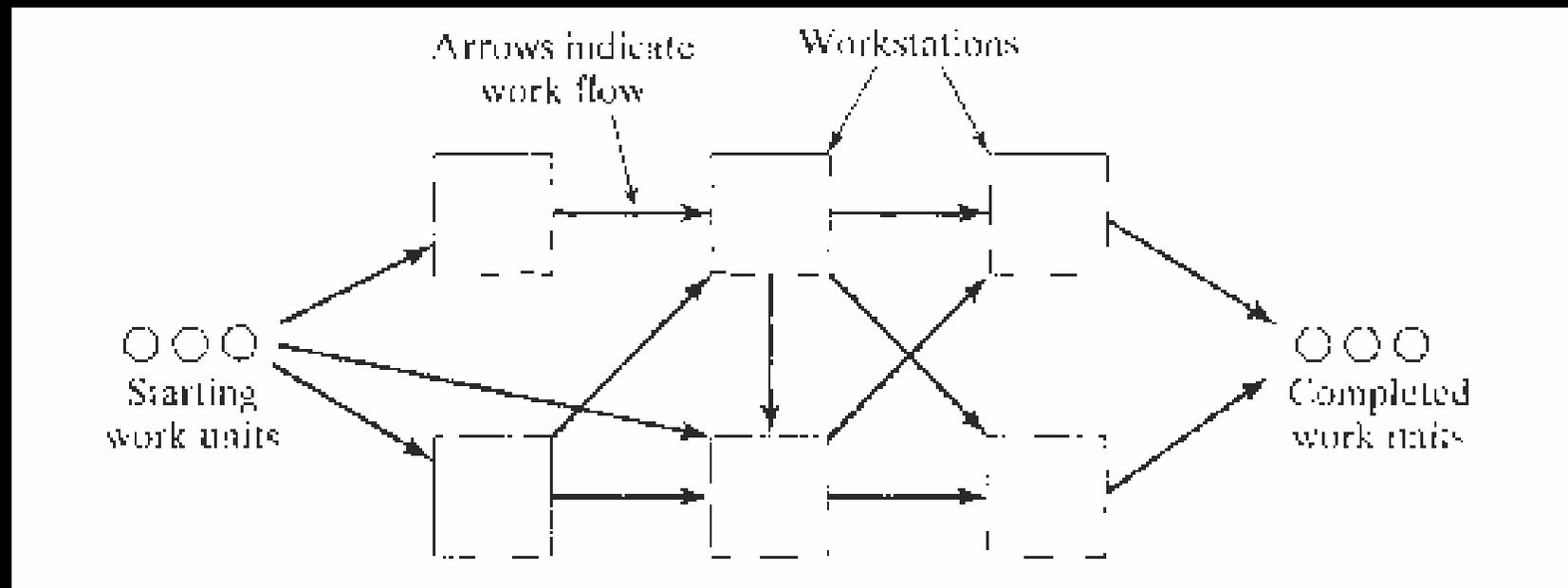
Ex: células de máquinas e sistemas flexíveis de manufactura

Roteamento variável (2)



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Roteamento variável



Roteamento fixo



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Roteamento fixo

- Unidades de trabalho flúem sempre através da mesma sequência de estações.

As unidades de trabalho são idênticas ou suficientemente similares para que a sequência de processamento seja idêntica.

Ex: linhas de produção.

Equipamento de transporte nos dois tipos de roteamento



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

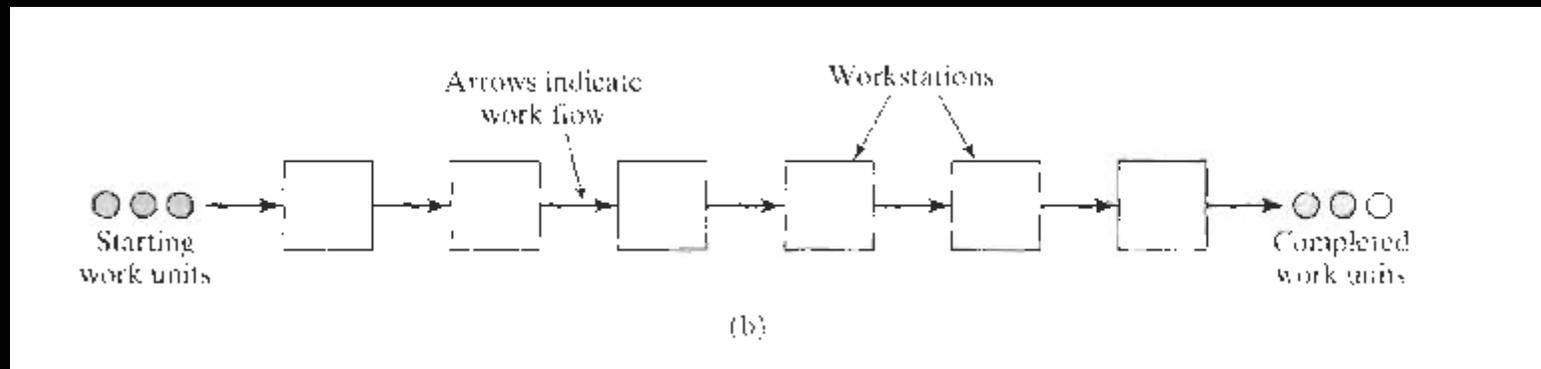


Tabela de transporte de material



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

TABLE 13.1 Common Material Transport Equipment Used for Variable and Fixed Routing in Multiple Station Manufacturing Systems

<i>Type of Part Routing</i>	<i>Material Handling Equipment*</i>
Variable routing	Automated guided vehicle system Power and free overhead conveyor Monorail system Cart-on-track conveyor
Fixed routing	Powered roller conveyor Belt conveyor Drag chain conveyor Overhead trolley conveyor Rotary indexing mechanisms Walking beam transfer equipment

3) Caixilhos de paletes nos sistemas de transporte



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

... O sistema de transporte pode ser projectado de maneira a acomodar algum tipo de caixilho de paletes, dependendo da geometria das unidades de trabalho e da natureza das operações de processamento e/ou montagem.

Utilização comum em sistemas automatizados de manufactura:
células de máquinas únicas com paletizador automático, linhas de transfer e sistemas automáticos de montagem.

Características:

- modulares e podem ser usadas com diferentes geometrias
- Ideais para os sistemas flexíveis de manufactura.

3) Métodos alternativos



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Carreiras de trabalho - contentores (caixas, cestos, etc.) que contêm uma ou mais partes e podem ser movidas no sistema.

Objectivo: conter as partes durante o transporte e não proceder ao seu encaixe/posicionamento (assegurado por outros meios (ex: manualmente) no destino).

Nem todos os formatos de peças podem ser manuseadas por um sistema mecanizado ou automatizado.

3) Métodos alternativos (2)



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Transporte directo - sistema de transporte move a parte.

Benefício: evita o custo das carreiras de trabalho/caixilhos e o custo adicional do retorno para reutilização.

Adequado para SMs operados manualmente: funcionalidades de posicionamento executadas pelo operador na estação.

Nos SM automatizados (requerem posicionamento preciso), a viabilidade do sistema de transporte directo depende da:

- **geometria dos partes**
- **viabilidade da implementação de um método automatizado capaz de mover, posicionar e fixar as partes com a precisão requerida.**

Nem todos os formatos de peças podem ser manuseadas por um sistema mecanizado ou automatizado.

Sistemas de Controlo computorizado nos SM



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Um computador é necessário para controlar equipamentos automatizados e semi-automatizados e para participar na coordenação e gestão do SM. (mesmo nos SMs manuais).

Funcionalidades típicas dum sistema computadorizado:

1. Comunicação de instruções aos operadores

- Podem operar por largos períodos de tempo (mais do que um ciclo de trabalho) sem intervenção humana.
- Não é requerida a presença contínua do operador.

Ex: máquinas de injeção nas quais ao fim de um determinado número de ciclos o operador deve retirar as partes produzidas e substituir por caixas vazias.

Sistemas de Controlo computorizado nos SM (2)



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Download de programas de partes para máquinas controladas por computador

- Ex: máquinas CNC.

Controlo dos sistemas de manuseamento de material

Escalonamento da produção

Diagnóstico de falhas

- Diagnosticar falhas de equipamento, escalonamento preventivo e preparação de inventários.

Sistemas de Controlo computorizado nos SM (2)



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Monitorização de segurança

- Garantir que o sistema não opera em condições inseguras.
- **Objectivo:** proteger tanto os operadores como o equipamento envolvidos no sistema.

Controlo de qualidade

- **Objectivo:** detectar e rejeitar partes defeituosas produzidos pelo sistema.

Sistemas de Controlo computorizado nos SM (3)



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Gestão das operações

- O objectivo é detectar e rejeitar partes defeituosas produzidos pelo sistema.
- Gestão de todas as operações do SM, quer **directamente** (controlo do computador supervisionado) quer **indirectamente** (preparando os relatórios necessários).
- Supervisionadas ou accionadas por trabalhadores:
 - Máquina fornece a potência e o operador o controlo.
 - A presença do operador é continuamente requerida.

Recursos Humanos



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Nos SMs os operadores executam o trabalho de mais-valor nas partes ou produtos.

Operadores como trabalho directo - Através do trabalho físico, executam trabalho manual ou controlam as máquinas que efectuam o trabalho.

Nos SMs completamente automatizados, o trabalho directo é ainda necessário para actividades como:

- carregamento/descarregamento de partes,
- mudança de ferramentas, etc..



Operadores como trabalho indirecto (automatizados) - através da gestão e suporte do sistema como:

- programadores,
- operadores de computadores,
- programadores de partes para máquinas CNC,
- manutenção e reparação.

Esta distinção entre trabalho **directo e indirecto** nem sempre é muito precisa nos SMs automatizados.

Classificação dos SM



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Factores que **definem e distinguem** as variedades dos tipos de SMs e que permitem criar um **esquema de classificação** são:

- Tipos de operações executadas
- Número de estações de trabalho e *layout* do sistema
- Nível de automação
- Variedade de partes ou produtos

Tipos de Operações executadas



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Tipo de operações executadas num SM é um **factor decisivo** na sua classificação.

Num nível elevado, esta distinção é entre:

- Operação de processamento em unidades de trabalho individuais.
- Operação de montagem para combinar partes individuais em entidades montadas.



Tipos de Operações executadas

Parâmetros adicionais na determinação do projecto do SM:

- tipo de material processado,
- tamanho e peso da parte ou
- produto e geometria da parte.

Ex: classificação das partes a serem maquinadas em partes **rotacionais** ou **não rotacionais**.

Partes não rotacionais ou prismáticas - rectangulares ou tipo cubo e requerem operações de maquinaria adequadas.

Estas diferenças são importantes porque definem diferenças nos processos de maquinaria, ferramentas e no próprio projecto do sistema de manuseamento do material.

Estações de trabalho e *layout* do sistema



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Factor decisivo no esquema de classificação.

- Exerce forte influência no desempenho do SM em:
- capacidade de produção,
- produtividade,
- custo unitário e
- manutenção.

Seja n número de estações de trabalho e $i = 1, 2, \dots, n.$, cada estação individual. Importante na identificação de parâmetros para cada estação: **tempo de operação ou o número de trabalhadores na estação.**

Estações de trabalho e *layout* do sistema (2)



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Número de estações de trabalho é uma medida conveniente do seu tamanho.

Se este número aumenta:

- Aumenta a quantidade de trabalho que pode ser realizado pelo sistema.
- Aumenta a taxa de produção, se comparado com o mesmo número de estações a trabalhar individualmente.

Benefício da coordenação face à individualidade

Por exemplo ...a totalidade do trabalho executado sobre uma peça ser demasiado complexo para ser executado apenas por uma estação.

Estações de trabalho e *layout* do sistema (3)



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Muitas estações significa que o sistema é mais complexo, mais difícil de gerir e manter.

- Mais trabalhadores
 - Mais máquinas
 - Mais partes
- Resulta em
- Mais logística
 - Maior complexidade de coordenação
 - Mais problemas de manutenção

Layout do sistema



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Factor decisivo também no sistema de manuseamento de material.

Geometria ou *layout* das estações de trabalho directamente relacionada com o número de estações.

Estações arranjadas para um roteamento fixo ou variável.

- **Variável** - o layout das estações pode ter uma grande diversidade de configurações
- **Fixo** - o *layout* é usualmente linear (linhas de produção).

Classificação de acordo com número de estações de trabalho e *layout*



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Válido para SMs de operações de processamento e de montagem.
Esquema de três níveis, de acordo com n^o de estações e seus *layouts*:

Tipo I – Estação única ($N = 1$).

- Caso mais simples com uma máquina de produção manualmente operada, semi ou completamente automatizada.

Tipo II – Múltiplas estações com roteamento variável

- SM com duas ou mais estações ($n > 1$) projectadas e arranjadas para processamento ou montagem de diferentes partes.

Tipo III – Múltiplas estações com roteamento fixo

- Sistema com duas ou mais estações ($n > 1$), projectadas como linhas de produção.

Nível de automação



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Este factor **caracteriza os SM** na sua classificação.

As máquinas num SM podem ser:

- manualmente operadas,
- semi-automáticas ou
- automáticas

Nível manual



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Proporção de tempo que **trabalho directo** deve ter em cada estação directamente correlacionada com nível de automação.

M_i , nível manual de uma estação - proporção de tempo que um operador está na estação i .

- $M_i = 1$, o trabalhador tem que estar na estação i continuamente
- $M_i = 2$ ou 3 significa que múltiplos trabalhadores executam tarefas (de montagem) na estação.

$M_i < 1$ indicam alguma forma de automação

$M_i > 1$ indica operações manuais na estação.

Nível M_i médio de um SM multi-estação - indicador muito útil do trabalho directo existente no sistema.

Nível manual (2)



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

$$M = \frac{w_u + \sum_{i=1}^n w_i}{n} = \frac{w}{n}$$

M - nível manual médio do sistema

w_u – nº de trabalhadores úteis no sistema

w_i - nº de trabalhadores úteis na estação

Nível manual (3)



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

- Trabalhadores úteis** – não estão associados a estações individuais de processamento ou montagem, mas que:
- substituem trabalhadores nas estações para paragens pessoais;
 - mantêm e reparam o sistema;
 - mudam as ferramentas;
 - carregam/descarregam peças de trabalho de/para o sistema.

Mesmo estações completamente automatizadas têm um ou mais operadores responsáveis pelo andamento do sistema.

A automação no esquema de Classificação



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Estação/célula manual - um ou mais operadores têm que estar na estação em cada ciclo.

Tipo I M: Estação única com célula manual

- Caso mais básico com uma máquina e um operador ($n = 1, w = 1$).
- A máquina manualmente operada e semi-automática e o operador é continuamente requerida na máquina.

Tipo I A – Estação única com célula automática

- Máquina completamente automatizada capaz de operação sem atendimento ($M < 1$) durante extensos períodos de tempo (maior do que um ciclo máquina).
- Operador deve continuamente carregar/descarregar a máquina.

A automação no esquema de Classificação (2)



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Tipo II M – Sistema Manual Multi-estação com roteamento variável

- Sistema com múltiplas estações manuais ou semi-automatizadas.
- O layout e sistema de transporte permite diversos roteamentos.
- O sistema de transporte entre estações é manual ou mecanizado

Tipo II A – Sistema Automatizado Multi-estação com roteamento variável.

- Sistema similar ao anterior, excepto que as estações são completamente automatizadas

A automação no esquema de Classificação (3)



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Tipo II H – Sistema híbrido Multi-estação com roteamento variável

- Este SM contém tanto estações manuais como automatizadas.
- O sistema de transporte é manual, automatizado ou híbrido.

Tipo III M – Sistema manual multi-estação com roteamento fixo.

- Uma ou mais estações ($n > 1$), com um ou mais operadores em cada estação ($W_i \geq 1$).
- Operações sequenciais, logo roteamento fixo (como numa linha de produção).
- Sistema de transporte entre estações é manual ou mecanizado.

A automação no esquema de Classificação (4)



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

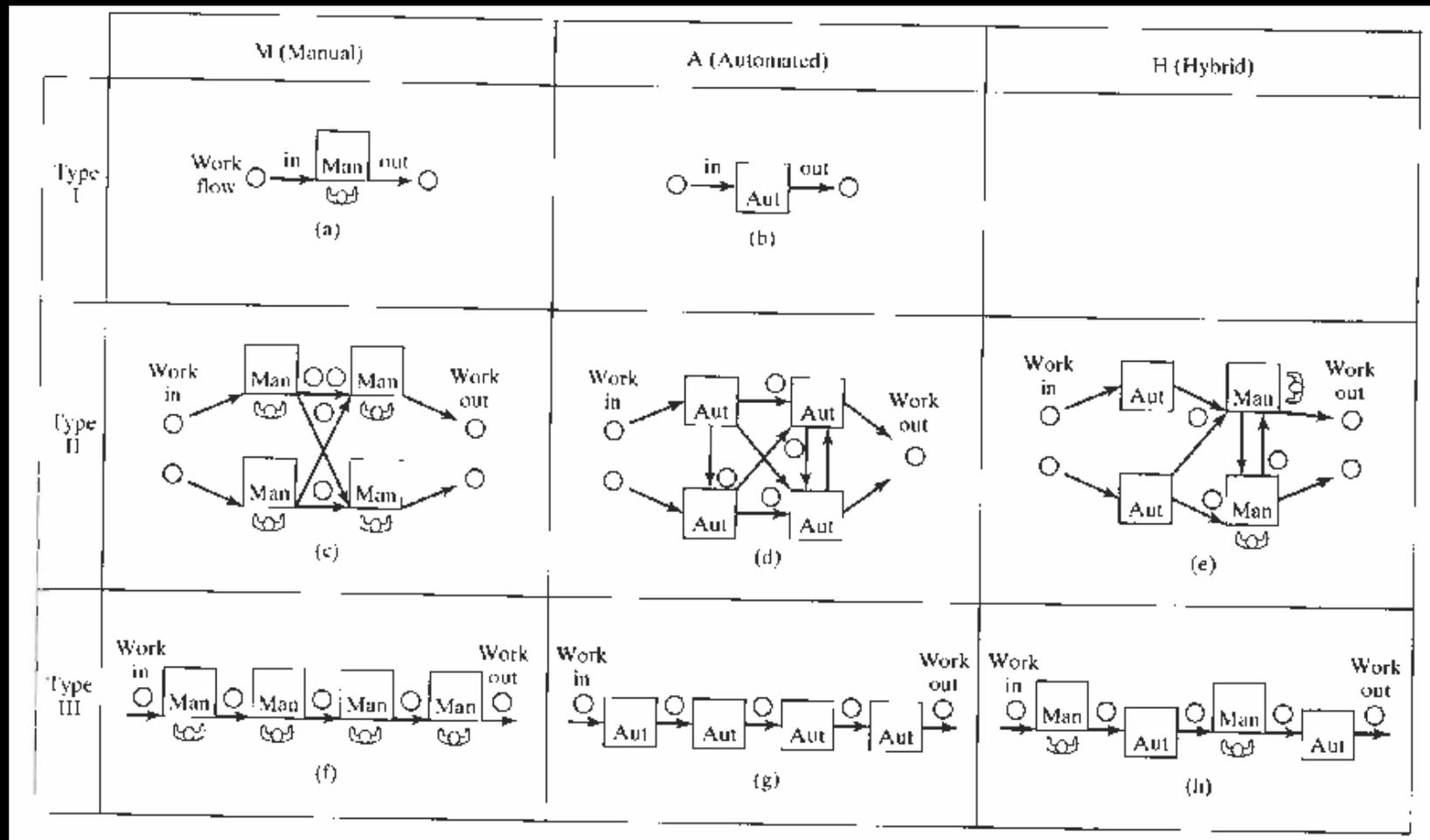
Tipo III A – Sistema automatizado multi-estação com roteamento fixo.

- Sistema com duas ou mais estações automatizadas ($n > 1$, $W_i = 0$, $M < 1$) arrançados como numa produção de linha.
- Sistema de transporte completamente automatizado.

Tipo III H – Sistema híbrido multi-estação com roteamento fixo.

- Inclui ambas as estações manuais e automatizadas ($n > 1$, $W_i \geq 1$ para algumas estações, $W_i = 0$ para outras, $M > 0$).
- Transporte manual, automatizado ou híbrido.

A automação no esquema de Classificação (5)



Variedade de partes ou produtos



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Quarto factor que caracteriza o SM - capacidade para lidar com variações de partes ou produtos produzidos.

Exemplos de variações:

- variações no tipo e/ou cor das partes de plástico nos sistemas de injeção;
- variações nos componentes electrónicos colocados num PCB standard;
- variações no tamanho dos PCBs manuseados pela máquina de colocação de componentes;
- variações nas partes e opções de produto numa linha de montagem.

Variedade de partes ou produtos (2)



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Três casos de variações de produtos ou partes nos SMs:

- Modelo único (S)
- Modelo tipo lote (B)
- Modelo misto (X).

Variedade de partes ou produtos (3)



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

TABLE 13.3 Three Types of Manufacturing System According to Their Capacity to Deal with Product Variety

<i>System Type</i>	<i>Symbol</i>	<i>Typical Product Variety</i>	<i>Flexibility</i>
Single model	S	No product variety	None required
Batch model	B	Hard product variety typical*	Most flexible
Mixed model	X	Soft product variety typical*	Some flexibility

* Hard and soft product variety are defined in Chapters 1 (Section 1.1) and 2 (Section 2.3.1).

Modelo único



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Modelo único

- Todas as partes e produtos produzidos pelo SM são idênticos e não existem variações.
- A procura do item pode ser suficiente para justificar a dedicação do sistema à produção desse item por um longo período de tempo (muitos anos).
- O equipamento associado com o sistema é específico e projectado para a maior eficiência.
- Automação fixa nestes sistema de modelo único é comum.

Modelo tipo lote



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Modelo tipo lote

- Diferentes partes e produtos são produzidos pelo sistema, mas em lotes
- Uma alteração física no setup e/ou programação de equipamento é requerido entre modelos.
- O tempo requerido para efectuar estas operações obriga à existência de lotes.

Modelo tipo lote (2)



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

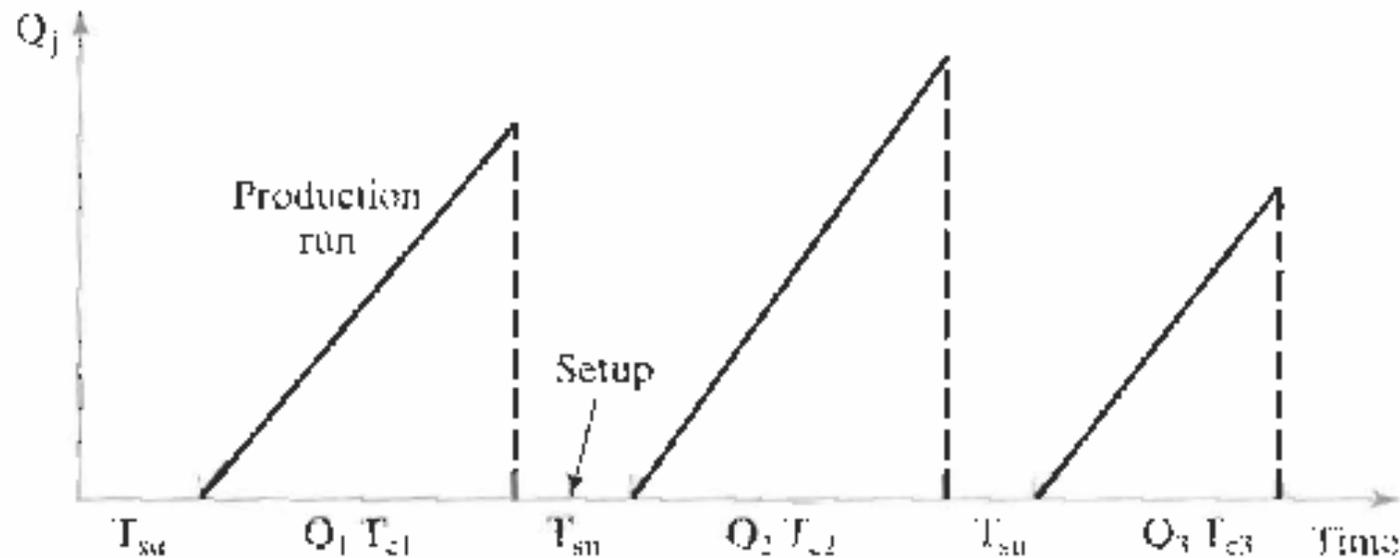


Figure 13.4 The sawtooth plot of production quantity over time in batch production. Key: T_{su} = setup time, Q_j = batch quantity, T_{c_j} = cycle time for part or product j . Production runs vary because batch quantities and production rates vary.

Modelo misto



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Modelo misto

- Produzidas diferentes partes e produtos pelo sistema,
- O sistema lida com estas diferenças sem necessitar de alterar o setup e/ou programas.
- Significa que a mistura dos diferentes estilos pode ser produzida continuamente em vez de lotes.

Flexibilidade nos SM



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Flexibilidade - atributo que permite que o modelo misto SM lide com um certo nível de variação de estilo de partes ou produtos sem interrupções na produção entre mudanças de modelos.

SMs flexíveis - Sistemas com esta característica.

- Podem produzir diferentes estilos de partes
- Podem rapidamente se adaptar a novos estilos de partes quando as anteriores se tornam obsoletos.

Flexibilidade nos SM (2)



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

De maneira a ser flexível, um SM deve ter as seguintes capacidades:

Identificação de diferentes unidades de trabalho

- O SM deve identificar a peça de maneira a executar a adequada operação sobre ela.
- Num sistema semi-automatizado ou manual, esta tarefa é efectuada pelo operador.
- Num sistema automatizado, deve ser projectado algum processo para a identificação de peças.

Rápida mudança das instruções operacionais



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Rápida mudança das instruções operacionais

- As instruções ou programa de partes (CNC), devem corresponder à operação correcta a executar sobre a parte.

Se sistema operado manualmente, refere-se a trabalhadores:

1. executar as variedades de operações necessárias para processar ou montar os diferentes estilos de peças, e
2. que saibam que operações executar sobre cada estilo de peça.

Em sistemas semi ou automatizados, então os programas de partes requeridos devem estar prontos para a unidade de controlo.

Rápida mudança do setup físico



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Rápida mudança do setup físico.

Para que os diferentes estilos de peças sejam processados sem perda de tempo entre as diversas unidades, o SM flexível deve ...

ser capaz de fazer as mudanças necessárias de ferramentas e caixilhos num tempo muito curto.

A produção não é para lotes.

Flexibilidade nos SM



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Capacidades são difíceis de projectar.

SMs operados manualmente:

- erros humanos podem causar problemas. Ex:
operadores não executarem as operações correctas nos diferentes estilos de unidades.

SMs automatizados:

- os sistemas com sensores devem ser projectados de forma a permitir a identificação da peça.

Flexibilidade nos SM



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Mudança de programas de partes conseguida com relativa facilidade.

Mudança do setup físico é mais complicada,

... a sua solução é tão mais complexa quanto maior o diferente número de estilos de peças.

Permitir flexibilidade a um SM aumenta a sua complexidade:

- Sistema de manuseamento de material ou os caixilhos de paletes têm que ser projectados de modo a permitir uma variedade de formatos.
- Número necessário de ferramentas aumenta.
- Inspeção torna-se mais complicada dada a variedade de partes.
- Logística do sistema é mais complexa, assim como
- o escalonamento e a coordenação do sistema.

Sistemas de manufactura reconfiguráveis



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Hoje: novos estilos de produtos são introduzidos com ciclos de vida cada vez mais curtos, logo ...

- o custo do projecto,
- construção e instalação de um novo SM de cada vez que um novo produto ou parte tem que ser produzido

... está a tornar-se proibitivo, **tanto em termos de custos como de tempo.**

Alternativa: reutilizar e reconfigurar os componentes do antigo sistema no novo SM.

Sistemas de manufactura reconfiguráveis



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Actualmente, os SMS são projectados com características que permitem a sua alteração para novos estilos de produtos se necessário:

Facilidade de Mobilidade – Ferramentas e outras máquinas de produção são projectadas com uma base de três pontos que permite que sejam facilmente levantados por uma grua ou um empilhador.

Desenho modelar de componentes do sistema – Permite que componentes de hardware de diferentes marcas de máquinas sejam conectados juntos.

Sistemas de manufactura reconfiguráveis



Departamento Electrónica
Industrial
Universidade do Minho

Arquitectura aberta nos controlos de computadores - Permite intercâmbio de dados entre pacotes de SW de diferentes marcas.

Estações de trabalho CNC – Embora máquinas de produção no sistema sejam dedicadas a um produto, são pelo menos controláveis por CNC para permitir:

- upgrades no SW,
- mudanças na peça correntemente a ser produzida e
- mudança de equipamento quando a produção termina.