

CAPÍTULO 2

SISTEMAS DE PRODUÇÃO



Todos somos produtores. Produzindo o bem, produzindo sarilhos, ou produzindo desculpas.

H. V. Adolt

Os automóveis que conduzimos, assim como as canetas que usamos, a roupa que vestimos, os computadores onde trabalhamos, os livros que lemos ou os sapatos que calçamos, são exemplos de artefactos, objectos que não se encontram na Natureza, mas que foram produzidos de alguma forma.

Neste capítulo começa-se por apresentar uma definição de ‘Sistema de Produção’ e de outros conceitos tais como *produto*, *plano de produção* e *produtividade*. Em seguida, são apresentadas duas formas de classificar os Sistemas de Produção e introduzidos novos conceitos como *produção tipo job shop*, *produção por projecto* e *produção para existência*. Serão também apresentadas as várias actividades directa ou indirectamente relacionadas com o fabrico de bens. Finalmente, é dedicada atenção à utilização de computadores na produção, introduzindo-se o conceito de Produção Integrada por Computador, assim como as várias tecnologias existentes (*e.g.*, CAD, FMS). São também discutidos alguns aspectos da dificuldade de implementação deste conceito.

2.1 Introdução

Um *sistema de produção* é constituído por um conjunto de *recursos* (e.g., máquinas) que efectuem uma ou mais *operações de transformação* de *matéria prima* ou associação de *componentes*, dando origem a *produtos* acabados [Riggs, 1987] [Kalpakjian, 1995]. Esta meta-operação desdobra-se em operações elementares tendo como objectivo a obtenção de um produto [Figueiredo, 1996].

O sistema de produção relaciona-se com o meio envolvente (*i.e.*, sociedade, economia e meio ambiente) com o qual efectua operações de troca nas quais estão presentes três tipos de fluxos [Courtois *et al.*, 1991]:

- *Fluxo de materiais* – objectos com existência física (e.g., máquinas, ferramentas, matéria prima, componentes, produtos, embalagens, combustíveis);
- *Fluxo de informação* – troca de informação entre o meio envolvente e o sistema (e.g., encomendas, facturas, descrições técnicas dos produtos, publicidade);
- *Fluxo financeiro* – entrada ou saída monetária (e.g., pagamento de bens ou serviços, recebimentos, salários, juros de empréstimos, impostos, taxas).

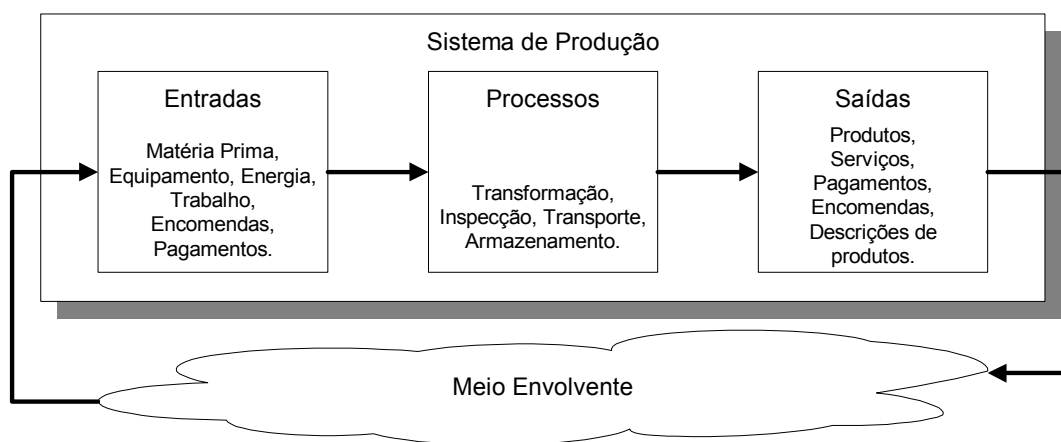


Figura 2.1 – Sistema de produção

Na Figura 2.1 apresenta-se um sistema de produção em interacção com o meio envolvente. O sistema recebe, por exemplo, matéria prima e equipamento (fluxo de material), mas também pedidos de encomenda (fluxo de informação) e pagamentos de entregas de produtos feitos a terceiros (fluxo financeiro). Adicionalmente, o sistema fornece ao meio envolvente os produtos para o mercado (fluxo de material), bem como o pagamento de fornecimentos (fluxo financeiro), assim como, descrições comerciais/técnicas dos produtos (fluxo de informação).

O fabrico de um produto é uma actividade complexa, atravessando horizontalmente várias áreas disciplinares, uma variedade de pessoas, maquinaria e automatismos [Kalpakjian, 1995] [Rocha, 1999], que se desenvolve desde a fase da encomenda, passando pelo projecto, produção e *marketing* [Sousa *et al.*, 2000c]. Devido à enorme quantidade de variáveis em jogo, às inúmeras interacções entre essas variáveis e à dificuldade de controlo sobre essas mesmas variáveis, não há dúvida que estamos na presença de um problema NP-completo¹ [Kalpakjian, 1995].

2.2 Conceitos de Produção

Como já foi referido anteriormente, um sistema de produção é composto por um conjunto de *recursos* que efectuem uma ou mais *operações de transformação de matéria prima* ou *associação de componentes*, dando origem a *produtos acabados*.

Um *produto* é o resultado de um processo de transformação sobre materiais ou outros produtos efectuado pela instalação fabril. O *modelo do produto* descreve o produto de forma completa e inequívoca, contendo informação de desenho, de composição do produto (quantidades de matéria prima/componentes) e de processo [PDMIC, URL]. Os produtos são normalmente agrupados em *famílias de produtos*, atendendo às suas similaridades de forma a facilitar a gestão do catálogo de produtos.

Um produto é normalmente composto por vários *componentes*; *i.e.*, peças já montadas por terceiros ou na própria fábrica (*e.g.*, parafusos, *chips* de memória). Além de componentes, o produto pode também necessitar de *matéria prima*, ou seja, bens que virão a sofrer um processo de transformação ou tratamento (*e.g.*, tecido utilizado no fabrico de peças de vestuário).

O *processo* de fabrico de um produto segue um *plano* composto por várias *operações* elementares (*e.g.*, furar, polir), que devem ser executadas segundo uma dada ordem [Kusiak, 1990]. Este processo gera mais valias ao transformar e/ou juntar componentes para formar novos produtos [Kalpakjian, 1995].

O processo de fabrico dá origem a produtos ditos *contínuos* ou *discretos*. *Produtos discretos* são itens individuais, tais como canetas, pregos ou latas de bebidas. Por outro lado, como *produtos contínuos* têm-se as mangueiras, fios eléctricos, tubos metálicos ou plásticos, que poderão ser cortados em peças, dando origem a produtos discretos [Kalpakjian, 1995].

¹ Um problema é considerado NP (polinomial não-determinista) se necessita de um tempo polinomialmente proporcional ao comprimento das entradas para encontrar uma solução [Garey e Johnson, 1979] [Parunak, 1991] [Skiena, 1997]. Um problema diz-se NP-completo se for NP e pelo menos tão difícil quanto todos os outros problemas NP. Um problema NP-duro é NP-completo ou mais difícil que um problema NP.

Um produto pode ficar inacabado, isto é, o processo de fabrico é interrompido nalgum ponto pré-definido, o que dá origem a *produtos semi-acabados*. Normalmente este tipo de produto é utilizado como componente para outros produtos, ou armazenado para ser acabado mais tarde. Durante a produção, um produto em fabrico que se encontra em circulação entre estações de trabalho, ou a sofrer uma operação numa estação de trabalho, é classificado como estando “*em curso*”.

Um produto não é fabricado de uma forma instantânea demorando um certo tempo a ser executado, denominado por *tempo de fabrico*. Infelizmente, o tempo de fabrico é algo complexo de determinar pois está associado a processos físicos sujeitos a acontecimentos imprevistos (*e.g.*, quebra de uma ferramenta). É no entanto possível fazer uma estimativa do tempo de fabrico em condições ideais – para o caso de planos de produção em que o conjunto de operações que levam desde a matéria prima até ao produto final são executadas de forma sequencial – traduzida na equação (2.1):

$$\text{tempo-de-fabrico} = \sum_{i=1}^n [\iota(o_i, \rho(o_i)) + Q \times \delta(o_i, \rho(o_i))] \quad (2.1)$$

sendo n o número de operações do processo de fabrico, o_i a operação de ordem i , $\rho(o)$ uma função que retorna o recurso associado à execução da operação o , $\iota(o, r)$ uma função que retorna o tempo de inicialização do recurso r para a execução da operação o , (*e.g.*, troca de ferramenta), Q é a quantidade de itens a produzir, e $\delta(o, r)$ uma função que retorna a duração da execução da operação o no recurso r .

Um *recurso* é uma entidade física da instalação fabril imprescindível à execução das *operações* de transformação ou transporte de *matéria prima*, *componentes* ou *produtos*. Um recurso é normalmente uma máquina (*e.g.*, um torno) ou conjunto de máquinas (*e.g.*, célula de maquinação constituída por um torno, uma fresadora e um manipulador robótico), mas também pode ser uma ferramenta ou um(a) operário(a).

A *flexibilidade* de um sistema de produção refere-se à facilidade/capacidade de produzir diferentes produtos, com tempos de reconfiguração da(s) linha(s) de produção reduzidos e a custos relativamente baixos, o que passa pela utilização de recursos de ordem genérica, programáveis, capazes de executar uma grande variedade de operações.

A *produtividade* de um sistema de produção prende-se com a utilização óptima de todos os recursos da empresa: materiais, equipamento, energia, capital financeiro, capital humano e tecnologia [Kalpakjian, 1995]. A *produtividade* é definida como um quociente entre as saídas (produtos, serviços, ...) e as entradas (mão de obra, capital, matéria prima, energia, ...) [Besant e Lui, 1986].

$$produtividade = \frac{saídas}{entradas} \quad (2.2)$$

O *custo de fabrico de um produto* é um factor importantíssimo a ter em conta, principalmente num mercado competitivo. Existem vários métodos de cálculo de custos (que ultrapassam o âmbito deste trabalho), no entanto, pode-se afirmar que o custo de fabrico de um produto depende de quatro factores: (i) custos de materiais; (ii) custos de processamento; (iii) custos fixos; e (iv) custos de mão de obra.

$$custo-de-fabrico-de-um-produto = M + P + F + Td + Ti \quad (2.3)$$

Na equação anterior, M representa o custo de material (*i.e.*, matéria prima e componentes utilizados no fabrico do produto), P denota o custo de processamento (*e.g.*, custo de ferramentas, maquinaria, energia e transporte), F refere-se aos custos fixos (*i.e.*, custos que existem independentemente do fabrico ou não dos produtos, tais como os juros de empréstimos), Td representa os custos directos de mão de obra (*i.e.*, custos com operários no manuseamento e operação de máquinas), e Ti representa os custos indirectos de mão de obra (*i.e.*, custos com empregados em funções não directamente relacionadas com o fabrico, tais como os custos administrativos, com vendedores e/ou publicidade).

Um aspecto importante do processo produtivo prende-se com o *prazo de entrega* de uma encomenda a um cliente, que corresponde ao tempo passado entre o instante em que a encomenda é colocada e o instante em que os produtos são entregues, que é dado na forma:

$$prazo-de-entrega = PE + I + F + D \quad (2.4)$$

onde PE denota o tempo de processamento da encomenda, I o tempo de inicialização da instalação fabril para executar a encomenda, F o tempo de fabrico definido pela equação (2.1), e D o tempo necessário à distribuição do produto por revendedores e entrega no cliente.

2.3 Tipos de Produção

Embora a classificação dos tipos de produção seja função de uma miríade de parâmetros [Courtois *et al.*, 1991], serão aqui considerados apenas dois: (i) o binómio quantidade/variedade de produtos fabricados; e (ii) o relacionamento com as existências.

2.3.1 Função de Quantidade/Variedade

Este tipo de classificação analisa um sistema de produção de acordo com o tipo de produtos que são fabricados em associação com a quantidade produzida.

É possível dividir os sistemas de produção de acordo com a seguinte taxonomia [Groover e Zimmers, 1984] [Dilworth, 1992]:

- *Flow shop*
- Produção em lote
- *Job shop*
- Produção por projecto.

No caso dos sistemas do tipo *flow shop* fabricam-se poucos tipos de produtos, mas em grandes quantidades (*e.g.*, indústrias petroquímica, cimenteira, automóvel). As máquinas utilizadas são específicas para o processo de fabrico em equação e estão dispostas na instalação fabril de acordo com a sequência de operações a realizar [Figueiredo, 1996].

O tipo de produção anterior dá pelo nome de *produção em massa*, devido à grande quantidade de produtos fabricados [PDMIC, URL]. Um sistema de produção deste tipo possui pouca ou nenhuma flexibilidade, sendo caracterizado por um grande nível de automação dos processos de produção, bem como dos sistemas de manutenção, o que permite obter alta produtividade e baixos custos de produção [Courtois *et al.*, 1991].

A *produção por lote* é caracterizada pelo fabrico de conjuntos de produtos, onde os itens do conjunto apresentam similaridades entre si [PDMIC, URL]. Esta é uma etapa intermédia entre a produção contínua e a produção descontínua, uma vez que a quantidade a produzir não justifica uma linha de fabrico dedicada e, por outro lado, a variedade não é tanta que justifique a flexibilização total da instalação fabril [MESA, URL]. A utilização de lotes de produtos permite rentabilizar o tempo de preparação dos recursos, visto que apenas é feita uma preparação para o lote completo, e não para cada peça.

Um sistema de produção tipo *job shop* lida com quantidades relativamente pequenas e com uma grande variedade de produtos, que são produzidos no parque de máquinas existentes na fábrica [Courtois *et al.*, 1991]. No limite, os sistemas tipo *job shop* tratam lotes de cardinalidade um, uma vez que a penalização por preparação das máquinas e carregamento de programas é mínima, evitando-se assim a necessidade de agrupamento de ordens de fabrico em lotes, o que reduz o efeito de *setups* deveras demorados.

As máquinas utilizadas numa instalação fabril do tipo *job shop* necessitam de muita flexibilidade (*i.e.*, polivalência de operações), devido à grande variedade de produtos com que laboram. A polivalência das máquinas permite a utilização de máquinas diferentes para a execução de uma mesma operação, não havendo um fluxo pré-definido dos produtos entre estações de trabalho [Sousa *et al.*, 2000c]. Essas máquinas estão normalmente agrupadas (Figura 2.2) de acordo com a funcionalidade (*i.e.*, agrupamentos de máquinas iguais a executar operações

como tornear, furar), ou em ilhas multifuncionais (*i.e.*, agrupamentos de máquinas com funcionalidades diferentes).

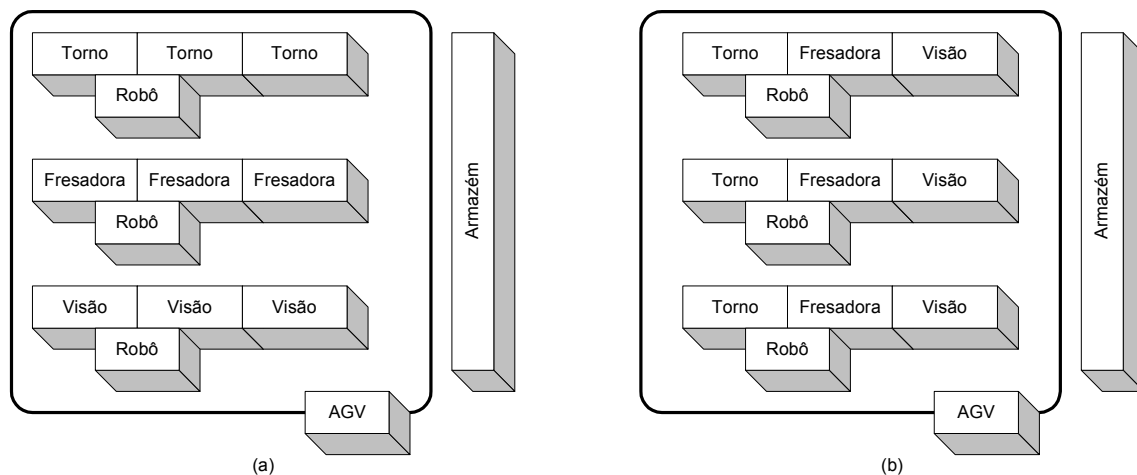


Figura 2.2 – Job shop: (a) agrupamento por função; (b) ilhas multi-funcionais

Na primeira hipótese as peças irão de ilha para ilha consoante necessitem de uma operação diferente, sendo servidas pela máquina que estiver livre nessa ilha. Na segunda hipótese, tenta-se minimizar os tempos de transporte entre operações, visto (que pode) não ser necessário uma mudança de ilha, normalmente mais demorada que as mudanças entre estações de trabalho na mesma ilha, podendo inclusive cada ilha ter o seu próprio armazém. A tecnologia utilizada em *job shop* pode também ser utilizada em empresas que sigam uma filosofia do tipo *personalização em massa*. A *personalização em massa* é um tipo de produção onde todos os produtos são desenvolvidos e fabricados de forma personalizada, de acordo com as especificações de cada cliente [Pine *et al.*, 1999]. Isto implica que componentes específicos, montagens específicas e programas de execução para as máquinas, terão que ser desenvolvidos de acordo com os requisitos fornecidos pelo cliente. Normalmente, estas empresas não possuem em carteira um leque interminável de produtos, mas oferecem um conjunto de produtos e componentes que podem ser combinados de inúmeras formas pelo cliente [Schonfeld, 1998]. Em situações deste tipo é necessário um projecto cuidadoso de cada componente do produto e/ou processo produtivo por forma a minimizar os tempos de fabrico e maximizar as interações entre componentes.

Na *produção por projecto* cada obra é única (*i.e.*, quantidade = 1), tratando produtos altamente complexos em que o tempo de fabrico é normalmente longo (*e.g.*, ponte rodoviária, barragem) [Ferreira, 1998]. A produção por projecto implica normalmente a agregação de recursos à volta do produto e/ou no local onde o produto irá ser colocado.

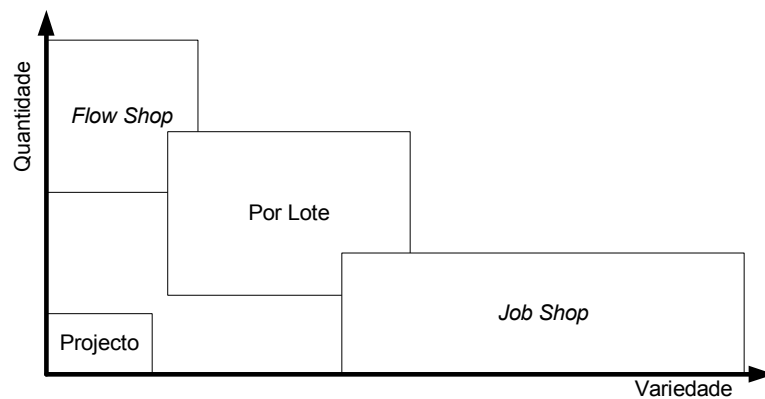


Figura 2.3 – Relação entre os vários tipos de produção

A Figura 2.3 expressa a relação entre a quantidade e variedade de produtos, para cada um dos tipos de fabrico apresentado anteriormente. O eixo ‘variedade’ também se relaciona com a flexibilidade da instalação fabril, pois há uma relação de proporcionalidade entre flexibilidade da instalação fabril e a variedade de produtos. Isto é, quanto maior a flexibilidade, maior a variedade de produtos que se podem fazer. Por outro lado, se há uma grande variedade de produtos a fabricar, maior é a flexibilidade necessária.

2.3.2 Relação com as Existências de Produtos

Esta classificação analisa um sistema de produção relacionando a produção com as existências de produtos finais, sendo possível funcionar segundo uma filosofia de *produzir para existência*, ou *produzir por encomenda*. No primeiro caso, o fabrico dos produtos baseia-se em previsões de procura, sendo os produtos armazenados e posteriormente encomendados pelos clientes. No segundo caso os produtos são fabricados de acordo com as encomendas dos clientes, que definem as características a que o produto deve obedecer e a data de entrega [PDMIC, URL].

O método de *produção para existência* permite reduzir os custos de produção ao aumentar a quantidade fabricada (*e.g.*, uma tiragem de vários milhares de exemplares de um livro). Este método é também particularmente útil quando o tempo de fabrico é superior ao prazo de entrega suportável pelo cliente (*e.g.*, no vestuário, em electrodomésticos) [Courtois *et al.*, 1991].

O método de *produção por encomenda* permite reduzir os custos financeiros do fabrico ao diminuir (ou tornar nulas) as quantidades em existência. No entanto, este método exige um compromisso por parte do cliente no que toca ao cumprimento da encomenda. Um outro aspecto a ter em conta prende-se com o prazo de entrega do produto ser ou não ser aceite por parte do cliente.

Normalmente, um sistema de produção funcionará num modo híbrido, dado que alguma quantidade de produtos em existência permite suprir falhas e avarias nas máquinas, bem como atrasos no fabrico e distribuição. Isto permite criar uma margem de segurança, evitando falhas na entrega. Também é comum manter-se alguma existência de produtos semi-acabados, que serão finalizados de acordo com as encomendas. Este método permite diminuir o prazo de entrega do produto final ao cliente, visto que se reduz o tempo de fabrico (apenas há que considerar as operações de acabamento do produto semi-acabado) entre o processamento da encomenda e a entrega do produto final.

2.4 Funções da Actividade de Fabrico

Uma empresa de produção compreende várias áreas funcionais (Figura 2.4), desde as que estão presentes em todas as empresas (tais como os sectores administrativos, de *marketing*, de compras, ou de vendas), a outras mais específicas, que se relacionam com o fabrico propriamente dito. No fabrico é possível identificar cinco fases: (i) projecto; (ii) planeamento de processos; (iii) planeamento da produção; (iv) escalonamento; e (v) execução, inspecção e controlo de qualidade. Além destas actividades, existe uma outra, igualmente importante, denominada de Gestão da Produção, responsável pela gestão do processo produtivo como um todo.

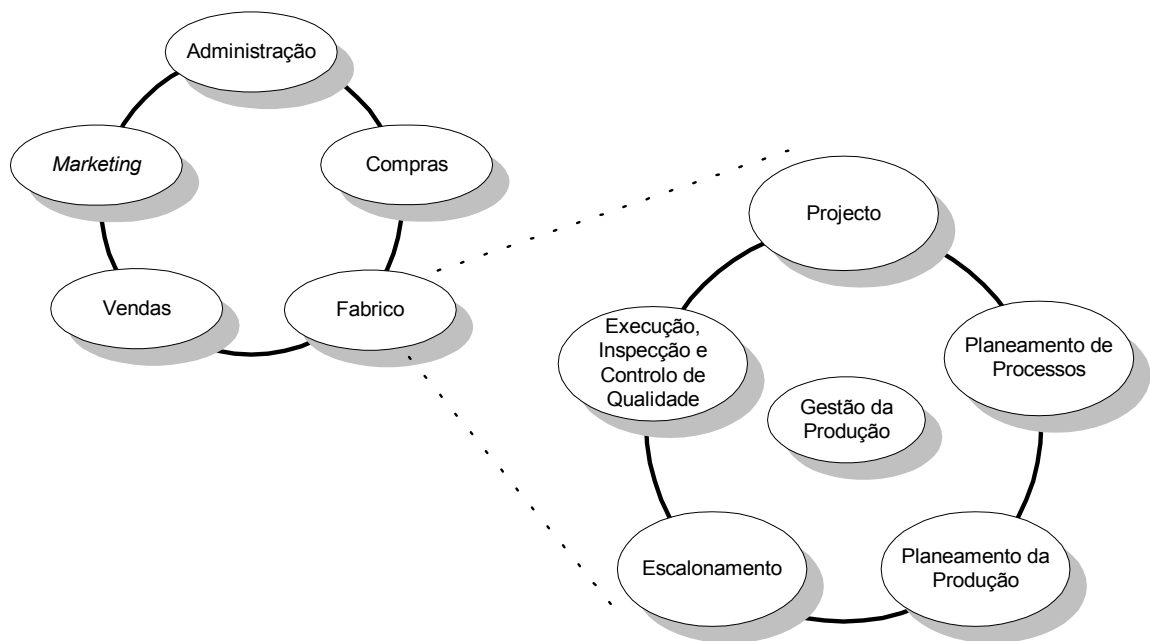


Figura 2.4 – Funcionalidades de uma empresa de produção industrial

2.4.1 Gestão da Produção

O papel fundamental de uma *Gestão da Produção* traduz-se na gestão dos fluxos de materiais e dos fluxos de informação que levem ao fabrico de acordo com os objectivos definidos pela direcção da empresa, de uma ou mais classes de produtos [Courtois *et al.*, 1991].

Segundo Laverty e Demeestère (1993) “*gerir a produção significa, descrever as diferentes fases do processo de fabrico de um produto acabado e as soluções de substituição em caso de falhas não sistemáticas, e também determinar os modos de operação a pôr em prática para fabricar um produto acabado de acordo com as suas especificações e ao menor custo*”.

A gestão da produção é uma actividade que atravessa horizontalmente a empresa, na medida em que se relaciona com todas as outras actividades da mesma, o que pode levar a conflitos [Courtois *et al.*, 1991]. De um modo geral pode dizer-se que o objectivo da gestão da produção é rentabilizar o sistema produtivo. Essa rentabilização passa pela diminuição dos prazos de entrega, pelo aumento da fiabilidade, pela diminuição de custos, pela motivação do pessoal, e pelo desenvolvimento de uma cultura empresarial [Courtois *et al.*, 1991].

A eficácia da gestão da produção apoia-se sobre um *domínio correcto dos fluxos de informação* que acompanham a elaboração do produto, bem como num *planeamento adequado da produção*. Assim, para gerir a produção é necessário recolher, juntar e compilar toda a informação referente ao sistema de produção, tendo em vista facilitar a tomada de decisão de forma correcta e no momento certo. Essa informação deve ser o mais completa possível, exacta e selectiva, de forma a informar criteriosamente, mas sem exagero, quem por ela se possa interessar [Courtois *et al.*, 1991]. O planeamento deve ter em linha de conta as capacidades reais do sistema de produção, avançando com soluções de substituição e analisando as causas de estrangulamentos. O planeamento baseia-se em algumas previsões, mas, realizar previsões com precisão dentro de um mercado dinâmico é uma tarefa difícil. Assim sendo, o planeamento efectuado pode/deve ser refinado à medida que informação mais precisa (isto é, factos e não previsões) esteja disponível [Courtois *et al.*, 1991].

2.4.2 Projecto

A fase de *Projecto* prende-se com a concepção do produto. Esta fase consiste na determinação da forma, dimensões e tolerâncias de cada um dos componentes do produto [Figueiredo, 1996]. O processo de projecto de um produto requer uma clara compreensão das funcionalidades e do desempenho esperado desse produto [Kalpakjian, 1995].

O engenheiro de projecto necessita de um conhecimento profundo dos processos de fabrico, das ferramentas e dos materiais a utilizar, de forma a certificar-se que cada componente pode ser

criado de acordo com a especificação [Figueiredo, 1996]. O mercado para um produto deve ser definido claramente com o auxílio do pessoal de vendas e apoiado em estudos de mercado. O projecto é uma actividade crítica, pois está estimado que 70% a 80% do custo de desenvolvimento e produção é determinado nas fases iniciais de projecto [Kalpakjian, 1995].

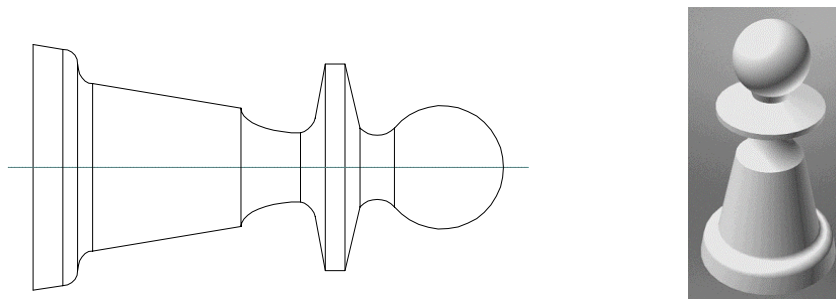


Figura 2.5 – Exemplo de produto: (a) desenho técnico; (b) imagem tridimensional

Tome-se como exemplo o fabrico de um peão de xadrez. Como resultado da fase de projecto tem-se o desenho técnico do produto (Figura 2.5a), com o respectivo dimensionamento e, eventuais representações tridimensionais (Figura 2.5b, fonte: [Rocha, 1999]).

2.4.3 Planeamento de Processos

O *Planeamento de Processos* passa pela elaboração da sequência de operações a realizar para o fabrico de um dado produto, e pela caracterização das máquinas e ferramentas necessárias à operação [Chang e Wysk, 1985] [Kusiak, 1990] [Rocha, 1999]. Com base nas especificações do projecto é elaborado um plano que atende a um ou mais factores de optimização (*e.g.*, tempo de processamento, custo de material, maximização da utilização dos recursos).

Esta tarefa é tradicionalmente efectuada por peritos, exigindo um enorme esforço e baseando-se de forma significativa na experiência destes [Rocha, 1999]. Se o engenheiro de projecto necessita de profundo conhecimento dos processos de fabrico, o responsável pelo Planeamento de Processos necessita ainda de mais, pois é dele a responsabilidade de escolher de entre os recursos existentes na fábrica, os mais adequados à execução de cada uma das operações do projecto, e em que sequência essas operações devem ser feitas. Essa escolha atende a factores como as capacidades dos recursos (*i.e.*, as operações que estes são capazes de executar), critérios de optimização como os referidos anteriormente, e requisitos/restrições impostas pelos recursos/operações (*e.g.*, em certas situações, a seguir a uma operação de soldadura, não se podem efectuar imediatamente operações de dobragem sob pena de destruir a soldadura anterior).

Continuando com o exemplo do peão de xadrez, o responsável pelo planeamento de processos deve pegar no desenho técnico do produto e identificar as operações a efectuar, de

acordo com os recursos e características da instalação fabril em questão. O caso apresentado é uma peça de revolução pelo que poderá ser efectuada num torno, partindo de um cilindro do material desejado (*e.g.*, alumínio). As operações de remoção de material escolhidas estão identificadas pelas áreas com numeração romana (Figura 2.6, *fonte*: [Rocha, 1999]).

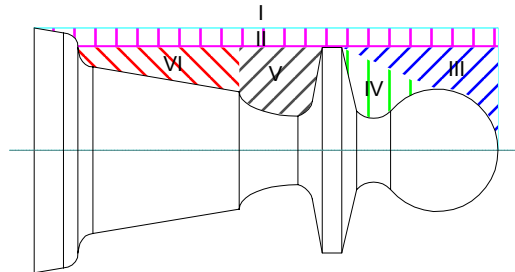


Figura 2.6 – Exemplo de produto: identificação das operações

Dependendo das características da instalação fabril poderiam ter sido escolhidas outras operações. Por exemplo, a remoção das áreas V e VI pode ser feita de uma só vez caso o torno a usar possua uma ferramenta de corte bidireccional. Contudo, se o torno em questão apenas possuir ferramentas de corte unidireccional é então necessário remover a área V com uma ferramenta e a área VI com outra. Após a identificação das operações é necessário determinar a sua ordem de execução. A ordem de execução das operações tem que obedecer a determinadas restrições do ponto de vista físico (*e.g.*, é impossível remover a área IV antes de remover a área II) e das características do material e/ou recurso a utilizar.

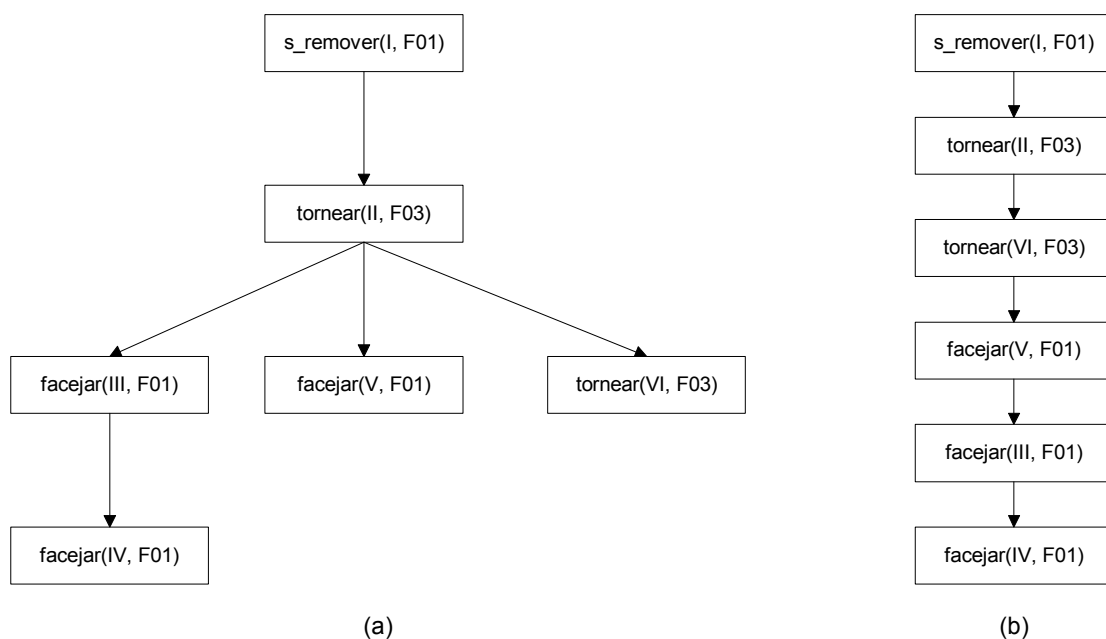


Figura 2.7 – Exemplo de produto: (a) grafo de precedências; (b) plano gerado

Na Figura 2.7a (fonte: [Rocha, 1999]) está representado o grafo de precedências entre operações, em que cada quadrado denota uma operação (segundo o modelo *operação(Área, Ferramenta)*), e as linhas entre quadrados as restrições de precedência. Na Figura 2.7b (fonte: [Rocha, 1999]) pode ver-se o plano gerado que minimiza o tempo de execução do produto [Rocha, 1999].

2.4.4 Planeamento de Produção

O *Planeamento da Produção* passa pelo estabelecimento de níveis de produção ao longo de um certo período de tempo (futuro) [Groover e Zimmers, 1984], a partir de previsões de vendas e disponibilidade de pessoal, maquinaria e/ou materiais [PDMIC, URL].

O planeamento da produção recorre normalmente a um Plano Mestre de Produção (PMP) e à aplicação de técnicas como o Planeamento de Necessidades de Materiais (MRP1) e o Planeamento de Necessidades de Capacidade (CRP).

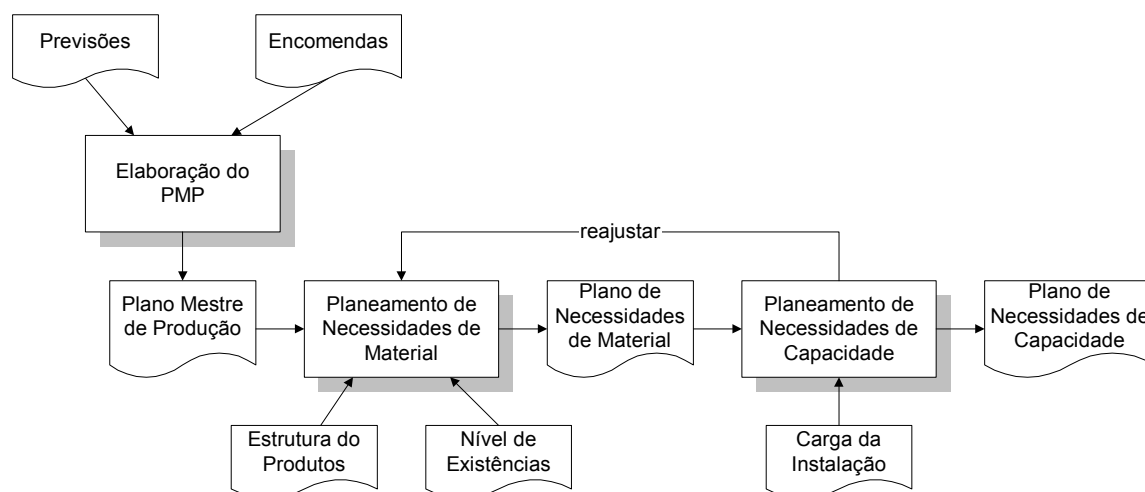


Figura 2.8 – Ciclo do planeamento da produção

O *Plano Mestre de Produção* define de forma precisa a calendarização das quantidades a produzir para cada produto acabado, considerando previsões de vendas, existências disponíveis, capacidade da instalação fabril, etc. [PDMIC, URL]. O *Planeamento de Necessidades de Material* é um sistema de controlo de existências que determina as ordens de compra e fabrico em resposta a um Plano Mestre de Produção, através da explosão das árvores de produto, ajustando-se às actuais existências de produtos e matérias primas (contabilizando também, as encomendas de matéria prima que ainda não foram entregues), e efectuando as deslocações temporais necessárias, de forma a colocar as ordens no instante correcto em que serão necessárias [FOLDOC, URL]. O *Planeamento de Necessidades de Capacidade* é uma técnica para determinar quantas pessoas e

recursos de equipamento são necessários para cumprir os objectivos de produção incorporados no Plano Mestre de Produção e no Plano de Necessidades de Material (PNM).

A Figura 2.8 representa de forma simplificada o ciclo de Planeamento da Produção. Do planeamento da produção resultam duas saídas essenciais: (i) o *Plano de Necessidades de Material*, que permite identificar as ordens de compra de componentes ou matéria prima, bem como as ordens de fabrico a lançar na instalação fabril; (ii) o *Plano de Necessidades de Capacidade* que permite identificar se existe capacidade de produção na instalação fabril para o definido no PMP e no PNM.

2.4.5 Escalonamento e Balanceamento

Através de um processo de *Escalonamento* tem-se como objectivo distribuir as operações e tarefas pelos recursos dos sistemas produtivo ao longo do tempo. A atribuição de operações/tarefas a recursos tem em consideração o estado da instalação fabril (*e.g.*, avarias, disponibilidade dos recursos) e os objectivos de produção (*e.g.*, reduzir o número de trabalhos em progresso, reduzir o atraso dos trabalhos) [Kouiss *et al.*, 1997]. Um conceito importante associado ao escalonamento é o de *Balanceamento*, que visa a distribuição equilibrada de operações pelos recursos evitando sobrecarga de determinados recursos e subcarga de outros.

O escalonamento pode ser feito segundo duas filosofias: *escalonamento de capacidade finita*, ou *escalonamento de capacidade infinita*. No primeiro caso, a carga de tarefas no sistema tem em linha de conta a capacidade máxima de produção da instalação fabril. Na segunda situação, o escalonamento é feito sem respeitar os limites físicos das máquinas, o que permite identificar as sobrecargas e estrangulamentos de produção [PDMIC, URL]. O escalonamento é normalmente considerado uma actividade de optimização da atribuição de tarefas a recursos, efectuada *a priori* [Bongaerts, 1998]. No entanto, dada a natureza estocástica (*e.g.*, quebra de ferramentas) e dinâmica (*e.g.*, entrada de novas ordens de fabrico) da produção, o escalonamento deve ser feito de forma dinâmica, em tempo real, considerando a situação efectiva da instalação fabril [Bongaerts, 1998].

Um dos maiores problemas do escalonamento é o grande esforço computacional necessário para determinar a solução óptima. À medida que o tamanho do problema aumenta (número de tarefas, número de máquinas), o tempo necessário para solucionar o problema rapidamente ultrapassa os limites razoáveis² [Bongaerts, 1998] visto que os problemas de escalonamento são de complexidade não polinomial (NP-duro ou NP-completo).

² Por limite de tempo razoável entenda-se conseguir determinar a solução em tempo útil, ou seja, enquanto ainda é válida. Não adianta de nada conseguir determinar o escalonamento óptimo se quando se acabar de o calcular as condições se modificaram.

A solução de um problema de escalonamento é normalmente representada de forma gráfica recorrendo a um *Gráfico de Gantt* [Gantt, 1919]. Um gráfico de Gantt é um gráfico bidimensional que apresenta no eixo horizontal o tempo, e no eixo vertical os recursos. Cada rectângulo no gráfico denota uma operação associada a uma dada tarefa, o que permite visualizar os intervalos de tempo atribuídos a cada operação em cada recurso.

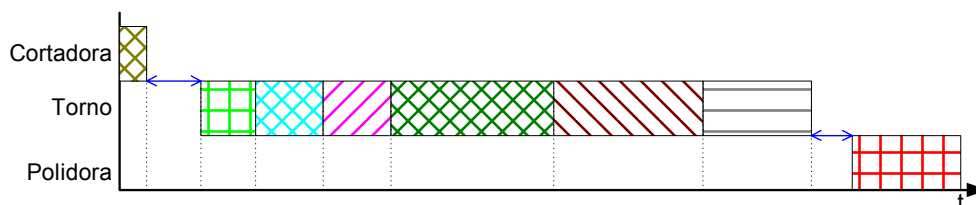


Figura 2.9 – Exemplo de produto: escalonamento das operações

A Figura 2.9 mostra o gráfico de Gantt para uma execução do peão de xadrez que se tem vindo a usar como exemplo nesta secção.

2.4.6 Execução, Inspeção e Controlo de Qualidade

A actividade de *Execução* prende-se com o fabrico real da peça através dos recursos existentes na unidade fabril. Para tal, é necessário converter as várias operações do plano de processo do produto em código executável pelos recursos programáveis, ou em descrições textuais para os operadores, no caso de operações manuais.

O caso mais frequente de recursos programáveis são as máquinas de Controlo Numérico Computadorizado (CNC), que permitem o controlo de movimentos de forma exacta e programável numa unidade NC³ através do uso de um computador dedicado [PDMIC, URL].

O *Controlo da Produção* refere-se ao ciclo de execução e acompanhamento do fabrico. Isto é, o controlo da produção compreende: (i) carregar o programa NC para a máquina-ferramenta; (ii) executar o programa; (iii) verificar se não ocorreram erros. O Controlo da Produção deve ser feito de uma forma global, vendo o sistema como um todo, e não recurso a recurso.

O objectivo da função de *Controlo de Qualidade* é o fabrico de produtos em conformidade com os requisitos e especificações de projecto [Figueiredo, 1996]. Em termos do senso comum, diz-se que um bem tem elevada qualidade se funciona de forma correcta durante um longo período de tempo. A qualidade não deve, por conseguinte, ser relegada para segundo plano, nem abordada em termos de “nível aceitável de qualidade”, pois isso implicaria que *existe* um nível

³ Controlo Numérico (*Numerical Control*): uma técnica de operação de máquinas-ferramenta em que o movimento é gerado em resposta a comandos codificados e ordenados numericamente [PDMIC, URL].

aceitável de *má qualidade* (denominado de forma eufemística de “produto fora de especificação”) [Hayes *et al.*, 1988].

A *Inspecção* de componentes e produtos é feita com o objectivo de determinar possíveis defeitos resultantes das operações de fabrico (*e.g.*, transporte, montagem, transformação) [Figueiredo, 1996]. Esta função é tradicionalmente efectuada após o fabrico das peças [Kalpakjian, 1995], podendo porém ser realizada em fases intermédias do processo produtivo (*e.g.*, verificar se o chassis de um carro está bem construído do ponto de vista “métrico”). Actualmente a inspecção já não se faz após o fabrico; *i.e.*, a “*qualidade deve ser construída no produto*” [Kalpakjian, 1995]. Quer isto dizer que os princípios de qualidade devem estar presentes em todo o processo de fabrico, do projecto à execução, e não apenas após o fabrico. Uma implicação directa desta filosofia é a de que o *controlo está nos processos* e não nos produtos; aliás, as normas de qualidade ISO 9000 são disso exemplo, pois focam-se nos processos e não nos produtos.

2.5 Produção Integrada por Computador

Desde a década de 1970 nota-se nas empresas de produção uma tendência no sentido da utilização de sistemas automáticos para a execução de muitas das tarefas relacionadas com as actividades de projecto e fabrico. Estas tecnologias denominam-se de *Projecto e Fabrico Assistido por Computador* (CAD/CAM) [Britannica, URLa].

É no entanto amplamente reconhecido que o âmbito de aplicação de computadores nas actividades de produção deve ultrapassar o projecto e o fabrico, e passar a incluir as ligações ao mercado por parte da empresa. O nome dado a esta utilização mais abrangente é o de *Produção Integrada por Computador* (CIM) [Britannica, URLa].

2.5.1 Introdução ao Conceito CIM

A *Produção Integrada por Computador* (CIM) define que o processo de fabrico é automaticamente controlado e executado através de um sistema tecnológico computadorizado [MESA, URL]. O conceito CIM refere-se à crescente integração das funções de gestão (*e.g.*, gestão comercial, pessoal, contabilidade) e de fabrico (*e.g.*, projecto, planeamento, programação), através da utilização de Tecnologias de Informação (TI), e do controlo de fabrico usando uma hierarquia de computadores [Smith *et al.*, 1996] [Britannica, URLa] [PDMIC, URL].

O CIM representa o grau mais elevado de automação na produção [Britannica, URLa]. Este conceito refere a completa automatização da fábrica, na qual todos os processos e actividades são controlados por computador, existindo em permanente circulação uma grande quantidade de

informação proveniente de todos os sectores desta. Sendo o processamento dessa informação efectuado de forma integrada entre as várias unidades funcionais da empresa, terá que haver uma total integração das bases de dados de maneira a evitar redundância e garantir a coerência dos dados [Figueiredo, 1996]. A base de dados de um sistema CIM contém informação actualizada, detalhada e correcta, acerca dos produtos, projectos, máquinas, processos, materiais, finanças, compras, vendas, etc. [Kalpakjian, 1995].

São vários os benefícios decorrentes da utilização da Produção Integrada por Computador [Rembold, 1994] [Kalpakjian, 1995]:

- reactividade a mudanças bruscas na procura e ciclos de vida muito curtos dos produtos;
- reactividade à modificação de produtos ou inclusão de novos produtos;
- aumento da produtividade na ordem dos 40% a 70%;
- melhor qualidade na especificação e concepção do produto;
- produtos de qualidade a preços baixos;
- redução de existências;
- redução dos custos de concepção e projecto em 15% a 30%;
- utilização eficiente de materiais, maquinaria, pessoal (com redução do tempo total de fabrico entre 30% a 60%; redução dos desperdícios de 20% a 50%);
- melhor controlo da produção e gestão.

Por estes motivos, a Produção Integrada por Computador é vista como uma estratégia única para melhorar a capacidade de reacção e qualidade dos Sistemas de Produção [Smith *et al.*, 1996], sendo fundamental para empresas a competir no mercado global [Chen e Su, 1996]. A Produção Integrada por Computador é uma metodologia e um objectivo, e não uma amálgama de equipamentos e computadores [Kalpakjian, 1995].

2.5.2 Suporte Tecnológico à Produção

Na secção 2.4 “Funções da Actividade de Fabrico” foram apresentadas várias unidades funcionais da empresa associadas às tarefas de produção. No que toca aos Sistemas de Produção Integrada, Kusiak (1990) identificou as seguintes áreas:

- *Projecto e especificação do produto* – determinação da forma, dimensões e tolerâncias de cada componente do produto;

- *Projecto de ferramentas e meios auxiliares* – com base na informação gerada a partir do projecto de cada componente, são projectadas as ferramentas necessárias para a execução de cada componente do produto;
- *Planeamento do processo* – elaboração do plano que define o percurso, as operações, as máquinas e as ferramentas necessárias para a execução do produto;
- *Programação* – programação das máquinas de controlo numérico (elaboração dos programas com as instruções de maquinação das operações do processo) e dos sistemas de manipulação e transporte;
- *Planeamento da produção* – envolve o estabelecimento de níveis de produção ao longo de um período de tempo, sendo dividida em planeamento de recursos e materiais, escalonamento e sequenciamento;
- *Maquinação* – operações de transformação do produto ou componentes do produto, envolvendo normalmente remoção de material ou alteração de forma (*e.g.*, fresar, cortar, dobrar, pintar, polir);
- *Montagem* – junção de componentes do produto de forma a obter componentes intermédios ou o produto final (*e.g.*, soldadura, colagem, inserção de componentes em ranhuras de outros componentes, aparafusar);
- *Manutenção* – prevenção, diagnóstico e correcção de falhas que possam ocorrer em qualquer um dos recursos do sistema;
- *Controlo de qualidade* – verificação da conformidade dos produtos finais com os requisitos exigidos no projecto. Conforme já foi referido, a qualidade deve estar sempre presente ao longo do processo de fabrico;
- *Inspecção e teste* – determinação de possíveis defeitos resultantes das operações de fabrico. Esta função está intimamente ligada com o controlo de qualidade, permitindo a identificação e remoção de eventuais erros de processo existentes em qualquer fase do fabrico;
- *Armazenamento e transporte* – armazenamento (e inventário) automático de materiais, componentes e produtos, e transporte entre as estações de trabalho e os armazéns.

De forma a cumprir os objectivos do CIM, existe um vasto conjunto de ferramentas computacionais (Figura 2.10) para integrar as várias funções do fabrico, sendo cada um dos módulos responsável por uma ou mais das funções acabadas de enumerar.

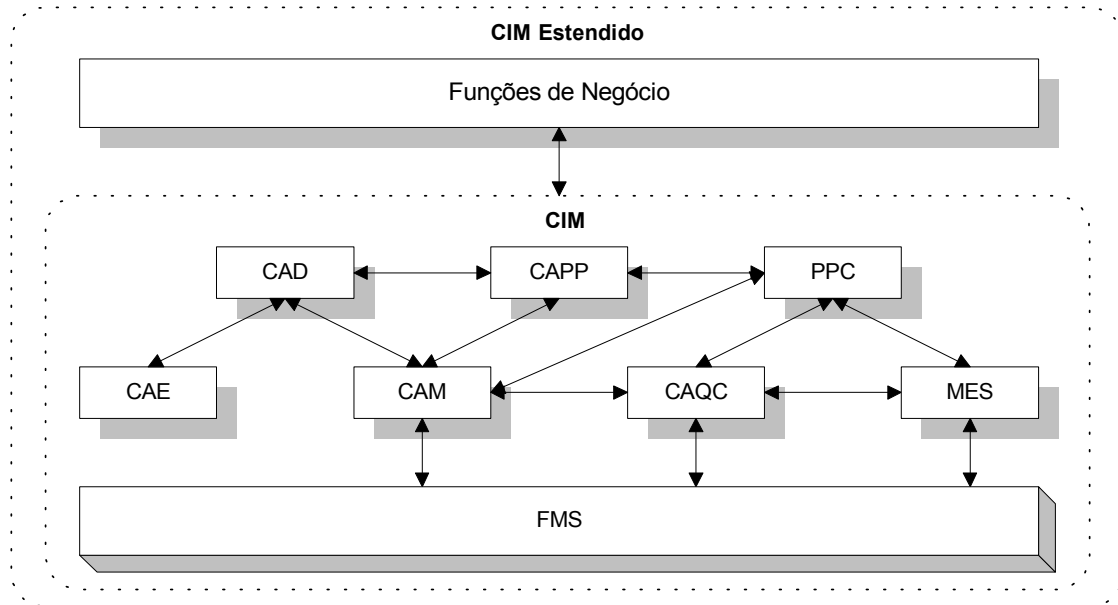


Figura 2.10 – Componentes CIM

2.5.2.1 Sistemas Flexíveis de Fabrico

Um *Sistema Flexível de Fabrico* (FMS) é uma forma de automação industrial na qual várias máquinas-ferramenta se encontram ligadas por um sistema de transporte e armazenamento de materiais/componentes, sendo todos os aspectos do sistema controlados por computador [Britannica, URLa].

Um FMS tem a capacidade de produzir uma grande variedade de produtos e componentes, com uma resposta rápida às solicitações do mercado, podendo enfrentar com êxito mudanças dos produtos e produção e na escala de produção, à medida que mudam os padrões de procura para os diferentes produtos [Kalpakjian, 1995] [PDMIC, URL] [Britannica, URLa]. A flexibilidade de um sistema prende-se com a capacidade deste em processar um número de peças diferentes em simultâneo, de forma automática e em qualquer sequência [Kalpakjian, 1995] [PDMIC, URL]. A flexibilidade de um FMS é atribuída ao facto de: (1) cada máquina estar equipada com um porta-ferramentas (dado que uma troca eficiente de ferramentas aumenta o desempenho do sistema); (2) cada operação poder ser executada em diferentes máquinas (por existir duplicação de máquinas e funcionalidades).

Os componentes de um FMS são [Kalpakjian, 1995] [Britannica, URLa]: (1) estações de trabalho, normalmente máquinas-ferramenta CNC, que executam operações de transformação, ou estações de inspecção; (2) um sistema de armazenamento e transporte de materiais/componentes que permite a entrega de peças em qualquer máquina do FMS; e (3) um computador central responsável pelo envio dos programas NC para cada máquina, bem como pela coordenação de

actividades entre máquinas. Adicionalmente, o trabalho humano é considerado o quarto componente de um FMS. Apesar do alto grau de automação de um sistema flexível de fabrico, ainda são necessários operadores humanos para gerir, reparar e manter o sistema.

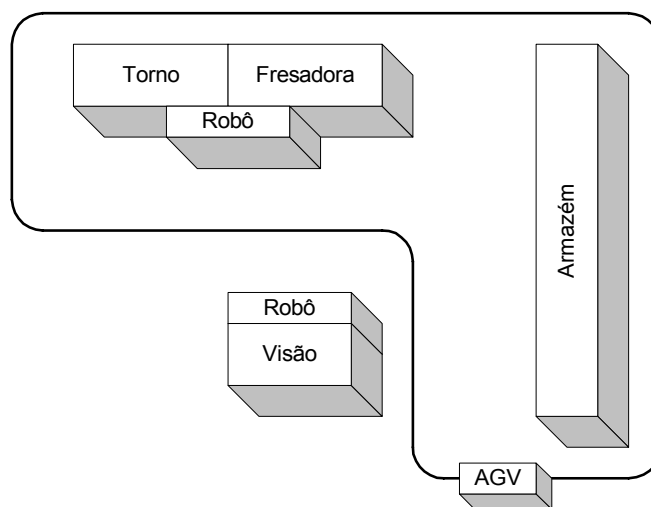


Figura 2.11 – Exemplo de um sistema FMS

A Figura 2.11 apresenta o exemplo de um FMS composto por duas células e dois sistemas auxiliares: *célula de maquinação* (torno, fresadora, e um robô); *célula de controlo de qualidade* (sistema de visão, e um segundo robô); *sistema de armazenamento* (um armazém automático com leitor de código de barras); *sistema de transporte* (um veículo autónomo).

A característica principal de um FMS é a habilidade que apresenta de mudar de um processo de fabrico para outro (*i.e.*, mudança do tipo de produto a fabricar) sem interrupções excessivas, já que a coordenação computadorizada do FMS permite que os produtos sejam fabricados a baixo custo, mesmo quando se produzem pequenas quantidades [Britannica, URLc]. A flexibilidade de um FMS permite que novos tipos de produtos sejam introduzidos no sistema, desde que as operações necessárias estejam dentro dos limites dos recursos existentes [Britannica, URLa]. Os FMS são adequados para situações onde a procura é baixa ou média e com grandes variações [Britannica, URLa]. Por este motivo, são adequados para o fabrico nos dias de hoje, e principalmente nos de amanhã, caracterizados por pequenas quantidades de produtos, com um ciclo de vida curto, e grande variedade de produtos.

2.5.2.2 Sistemas de Execução da Produção & Controlo

Os Módulos PPC (*Planeamento e Controlo da Produção*) e MES (*Sistemas de Execução da Produção*) são responsáveis por funções de Planeamento da Produção e de Controlo da Produção (Figura 2.10).

O módulo de *Planeamento e Controlo da Produção* possui uma dupla faceta. Por um lado, tem funcionalidades de Planeamento de Necessidades de Material, de Planeamento de Necessidades de Capacidade e de escalonamento *offline*, estabelecendo antecipadamente o que a empresa deve produzir, de que recursos deve dispor, quer sejam matérias-primas, componentes, pessoas, etc. Por outro lado, acompanha e controla o processo de fabrico, corrigindo eventuais erros ou desvios que possam surgir [Figueiredo, 1996].

Os *Sistemas de Execução da Produção* são sistemas de gestão ao nível da instalação fabril, que recebem ordens de produção e programas NC, e retornam dados sobre a produção, eliminando dessa forma o fosso entre os níveis de negócio e a saída de produtos da instalação fabril [PDMIC, URL]. Estes sistemas ao invés de se centrarem na utilização de materiais ou no controlo do processo produtivo, focam-se no “*produto à medida que ele se move na instalação fabril*” [MESA, URL].

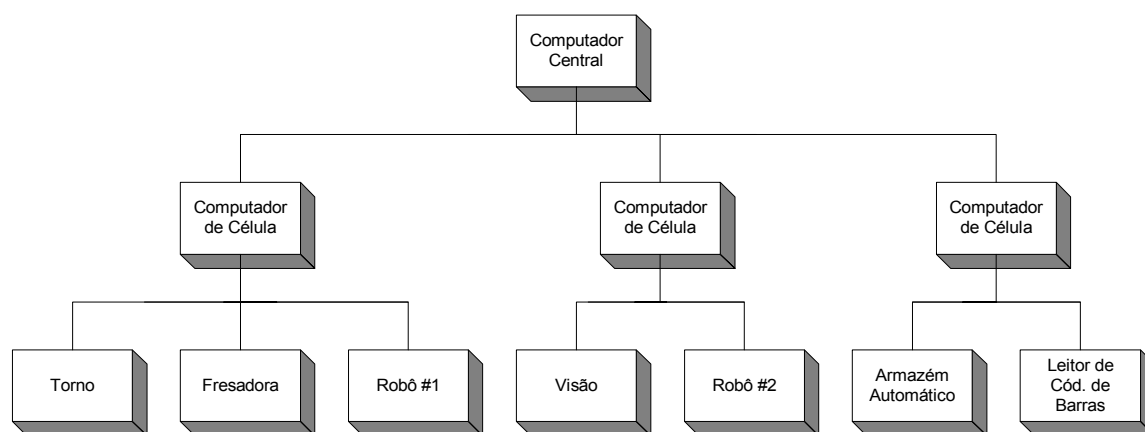


Figura 2.12 – Exemplo de arquitectura de controlo de um FMS

Continuando com o exemplo da Figura 2.11, o controlo do sistema é feito por via hierárquica, a partir de um computador central e três computadores subordinados que controlam cada uma das células de fabrico e o sistema de armazenamento (Figura 2.12, fonte: [Figueiredo, 1996]).

2.5.2.3 Apoio Computadorizado às Funções de Fabrico

São vários os módulos de apoio às funções de fabrico por computador (CAxx), cada um deles ajudando numa ou noutra área, e apresentando uma ou mais funcionalidades.

É hoje possível realizar o processo de seis passos “arte-até-peça” recorrendo a computadores [Encarta, URLb]. Os dois primeiros passos neste processo passam pela utilização de *software* de esboço para capturar as ideias iniciais do projecto e produzir desenhos técnicos de qualidade. O terceiro passo consiste na síntese de uma imagem da peça. Em seguida, é feita uma análise

estrutural da peça. O quinto passo refere-se à produção de um protótipo. Finalmente, utilizam-se programas para computador para controlar as máquinas que fabricam a peça.

Projecto Assistido por Computador

Projecto Assistido por Computador (CAD) é um termo dirigido para a utilização de ferramentas computadorizadas no projecto de um produto, desde a criação e manipulação da geometria, à produção de desenhos impressos [Kalpakjian, 1995] [PDMIC, URL]. O Projecto Assistido por Computador é um guarda-chuva para as actividades de projecto e especificação do produto, projecto de ferramentas e projecto de meios auxiliares de produção.

A utilização de um sistema CAD com visualização gráfica de alta resolução permite criar a geometria de superfícies, guardar essas geometrias na base de dados e, modificá-las posteriormente, aumentando assim a produtividade em relação ao tradicional estirador [Britannica, URLa] [MESA, URL].

Engenharia Assistida por Computador

A *Engenharia Assistida por Computador* (CAE) refere-se ao uso de computadores na ajuda às fases de engenharia (*i.e.*, análise de erros ou optimização para fabrico de um desenho/projecto) [PDMIC, URL] [FOLDOC, URLb].

As ferramentas CAE são adequadas para o estudo funcional do desempenho do produto, recorrendo a técnicas como a análise de elementos finitos, análise de forças e deformações, deflexões e distribuição de temperaturas [Kalpakjian, 1995]. As ferramentas CAE integram-se normalmente com as ferramentas CAD para formar um único sistema, permitindo ao projectista invocar as funcionalidades CAE dentro da ferramenta CAD, para ir efectuando um refinamento do projecto dentro de um único ambiente [Britannica, URLa].

Planeamento de Processos Assistido por Computador

O *Planeamento de Processos Assistido por Computador* (CAPP), como o nome indica, refere-se a uma ferramenta (ou conjunto de ferramentas) computadorizada que assiste na execução da tarefa de planeamento de processo [PDMIC, URL]. As ferramentas CAPP são peças essenciais de um sistema CIM, requerendo uma boa coordenação com os sistemas CAD/CAM (*i.e.*, a transferência de informação deve ser mútua, dinâmica, concorrente, automática e eficiente) [Kalpakjian, 1995] [Zohoor, 1998].

Em relação ao planeamento manual de processos, a utilização de sistemas CAPP oferece vantagens do tipo: redução do tempo de planeamento do processo; desenvolvimento de planos de fabrico óptimos e consistentes; redução dos custos de fabrico e planeamento; aumento da produtividade; facilidade de integração CAD/CAM; redução da dependência de peritos humanos; redução do nível de perícia necessária para elaborar um plano de fabrico; e redução do

conhecimento necessário para lidar com os problemas de planeamento [Rembold, 1994] [Rocha, 1999].

Controlo de Qualidade Assistido por Computador

O *Controlo de Qualidade Assistido por Computador* (CAQC) é responsável pelas funções de teste e inspecção de peças, bem como do controlo de qualidade da produção. As ferramentas CAQC podem ajudar ao nível dos recursos, controlando o estado das máquinas e ferramentas; ao nível dos produtos, inspeccionando e testando; ou ao nível do processo, verificando a conformidade com as especificações [Figueiredo, 1996].

A utilização de CAQC implica a existência de mecanismos de controlo de qualidade na instalação fabril (e.g., sistemas de visão para inspecção, sistemas de medição) com realimentação de valores de parâmetros de fabrico, de forma a efectuar as correcções oportunas no processo.

Fabrico Assistido por Computador

O *Fabrico Assistido por Computador* (CAM) envolve o uso de computadores para ajudar nas tarefas de planeamento, controlo e gestão das operações de produção [Groover, 1987] [Britannica, URLa]. As ferramentas CAM são responsáveis pelas funções de Programação, Maquinação, Montagem e Manutenção.

O CAM efectua o *controlo directo* do processo de fabrico através da utilização de um computador que controla o equipamento de fabrico e de manipulação de material, ou o *controlo indirecto* das operações de fabrico em curso (i.e., planeamento) [Dilworth, 1992]. O controlo directo do fabrico tem dois aspectos importantes: (i) o *controlo computadorizado de processos* que envolve o uso de computadores para executar acções de controlo que operam a instalação fabril de forma automática [Britannica, URLa]; (ii) a *monitorização computadorizada de processos* que envolve a recolha de dados na fábrica, análise e comunicação do desempenho de cada processo produtivo à gestão da instalação fabril [Britannica, URLa].

A partir de meados da década de 80, as ferramentas CAD e CAM surgem-nos com maiores índices de integração visto que, algum *software* CAM funciona “dentro” do *software* CAD e não através de base de dados partilhadas [Encarta, URLb]. No entanto, a integração destas aplicações não é tarefa fácil [Besant e Lui, 1986]. O CAD/CAM refere-se não apenas à automação das operações de fabrico, mas também à automação de elementos no ciclo de projecto-fabrico [Britannica, URLa].

2.5.3 Desafios à Implementação de CIM

Provavelmente, o maior desafio à implementação do conceito CIM consiste em definir “implementação” [Riley e Cox, 1998]. Em sentido lato, a *Produção Integrada por Computador*

inclui várias tecnologias e equipamentos que melhoram a eficiência operacional de uma dada instalação. Em sentido mais restrito, a adopção do CIM deve endereçar necessidades organizacionais tais como, reduzir o tempo de colocação no mercado; diminuir custos de mão de obra; ou aumentar a produtividade [Riley e Cox, 1998].

A tecnologia para implementar o conceito CIM (*e.g.*, CApp, FMS, CNC) é actualmente bem compreendida e dominada. No entanto, o conceito é passível de ser estendido a todas as áreas funcionais da empresa, necessitando de uma base de dados extensa e um enorme esforço de integração [Kalpakjian, 1995]. O resultado efectivo do CIM depende largamente da existência de uma infra-estrutura de comunicações integrada que ligue os computadores, as máquinas e os controladores. Problemas graves têm surgido na interligação entre equipamentos de diferentes vendedores. Actualmente a tendência é para a utilização de normas de comunicação [Kalpakjian, 1995]. Inerente à implementação CIM existem determinadas métricas que permitem verificar se as necessidades organizacionais estão ou não a ser colmatadas. A Produção Integrada por Computador não deve ser adoptada por moda, ou para seguir a concorrência, mas sim justificada racionalmente [Riley e Cox, 1998].

O conceito CIM tenta integrar e otimizar as actividades da empresa, por esse motivo, os riscos de grandes investimentos são elevados, bem como os riscos de criação de sistemas rígidos devido a problemas de escala e centralização. Além disso, a rigidez e a ênfase na automação podem levar a uma perda de flexibilidade e adaptabilidade a mudanças no ambiente [Bohez e Limsombutan, 1999]. Devido ao investimento considerável e ao risco associado à implementação das ferramentas e métodos do conceito CIM, os custos podem ser proibitivos (especialmente para pequenas e médias empresas) se a instalação for feita de uma só vez [Samadhi *et al.*, 1995] [Kalpakjian, 1995]. Um estudo efectuado em 1995 [Seidman, 1995] sugere que o conceito CIM foi sobreavaliado e não cumpriu as expectativas de retorno do investimento, facto que é devido à percepção de que os gestores de topo das empresas não estão convencidos dos benefícios do CIM. Sem o apoio dos principais decisores é natural que os cofres das empresas continuem fechados ao CIM [Riley e Cox, 1998]. Um outro factor que condiciona a evolução do CIM tem a ver com os montantes financeiros envolvidos no desenvolvimento, manutenção e integração dos sistemas computacionais [Merchant, 1988] [Ayres, 1989].

2.6 Resumo do Capítulo

Este capítulo introduziu o campo de aplicação do trabalho da tese (*i.e.*, os Sistemas de Produção). Começou-se por fazer uma breve introdução do que é um sistema do fabrico, visto pela e na sociedade, quais os seus constituintes e quais as suas funcionalidades.

Conceitos fundamentais, tais como, produto ou processo, foram apresentados de seguida. Tornou-se necessário, por conseguinte, classificar diferentes tipos de Sistemas de Produção, pelo que se apresentaram dois tipos de classificação possível, onde foram definidos conceitos como *job shop*, *flow shop*, produção por encomenda ou para existência.

Conforme foi demonstrado, o fabrico é uma actividade complexa na qual várias variáveis se inter-relacionam de forma a produzir os bens que a empresa fabrica. Assim sendo, foram apresentadas as funções da actividade de fabrico: Gestão da Produção; Projecto; Planeamento de Processos; Planeamento da Produção; Escalonamento; Execução, Inspeção e Controlo da Qualidade.

Finalmente, apresentou-se a Produção Integrada por Computador (CIM), como sendo uma metodologia para a competitividade e aumento da produtividade da empresa. Após uma breve introdução ao conceito CIM, foram apresentados vários temas relacionados com o suporte tecnológico, tais como Sistemas Flexíveis de Fabrico (FMS), Projecto Assistido por Computador (CAD) ou Fabrico Assistido por Computador (CAM). Para terminar, focaram-se alguns aspectos das dificuldades de implementação prática do conceito CIM ■

