

Programação da Produção e Gestão de Materiais

Victor Sequeira Roldão*

1. INTRODUÇÃO - 2. GESTÃO DE STOCKS - 3. OPT - 4. MRP - 5. JIT

1. Introdução

Constitui objectivo deste artigo inter-relacionar a Programação da Produção em sistemas intermitentes e repetitivos com a Gestão de Materiais, encarada como um processo complexo que vai da Gestão de Stocks à Optimização do Fluxo de Materiais.

Um sistema de Produção em regime intermitente é caracterizado por existirem muitas paragens e arranques, pelo que o trabalho em curso se avoluma, gerando-se filas de espera, que tornam a programação complexa e difícil. Se um processo está muito carregado uma tarefa pode ter de esperar 95% do tempo de ciclo de produção em fila de espera – E nesse caso, se o tempo de produção é uma semana, o prazo de entrega vai ser de 20 semanas.

Num sistema deste tipo, pretende-se com a programação equilibrar os seguintes objectivos em conflito:

- Prazo de entrega
- Eficiência de utilização de capacidade e dos equipamentos
- Minimização dos stocks em posse em paralelo com minimização de rupturas.

Para cumprir prazos e melhorar a eficiência de utilização da capacidade são utilizadas técnicas de programação que a) permitem regular

a capacidade disponível (análise de carga/capacidade, análise de input/output), b) definem a sequência de operações e de utilização óptima das máquinas (carregamento, sequenciamento).

Para minimizar stocks em posse com paralela minimização de rupturas, a Gestão de Stocks constitui-se num instrumento da programação da produção em permanente conjugação e articulação com o planeamento agregado que tem como objectivos:

- a) Aumentar a segurança criando defesas contra as variações na procura. Serviço ao cliente.
- b) Manter independência entre operações e criar flexibilidade.
- c) Criar seguranças contra atrasos na entrega por parte dos fornecedores.
- d) Beneficiar de descontos na encomenda (Agrupamento).

2. Gestão de Stocks (Visão Tradicional)

Para atingir objectivos anteriormente apontados, a gestão de stocks na sua visão tradicional baseia-se nos seguintes conceitos:

- Definição de stocks de segurança – para responder ao anteriormente apontado em a, b e c.
- Cálculo de quantidade económica de encomenda – para minimizar custos.

* Director Geral da Datinvest. Docente do ISCTE

A partir destes conceitos constroem-se os modelos clássicos do ciclo de Revisão Contínua e do ciclo de Revisão Periódica.

2.1 - Stock de Segurança

Na maioria das situações a procura não é constante e conhecida o que origina a necessidade de manter um stock de segurança que crie protecção contra eventuais rupturas. A função do stock de segurança é pois assegurar uma protecção contra a variação dos prazos de entrega e dos consumos; é portanto o patamar abaixo do qual o stock não deve baixar sem que exista perigo de ruptura. A sua determinação efectua-se com base no padrão de procura consubstanciado em curvas acumuladas de frequência de consumo, e com base no nível do serviço desejado (intimamente ligado aos riscos de ruptura).

Há fundamentalmente duas vias para o calcular: A 1.^a pressupõe que o valor do custo de ruptura é calculável (quanto maior o custo de ruptura, maior o stock de segurança); A 2.^a pressupõe que não se conhece o custo de ruptura – Em ambas é conhecida uma série estatística de valores temporais, sendo o objectivo minimizar o risco de ruptura.

Existindo modelos de previsão da procura determinísticos – quando a procura é conhecida, e probabilísticos – quando a procura é incerta – a introdução do stock de segurança cria uma base de estabilidade que permite usar modelos determinísticos.

2.2 - Quantidade Económica de Encomenda (Expressão de Wilson)

A clássica expressão de Wilson determina-se considerando o conjunto de custos envolvidos na gestão de stocks e que são: o custo de aquisição (C_1) = $D \times C$, o custo de efectivação de uma encomenda (C_2) = $S \times \frac{D}{Q}$, e o

custo de posse de stock (C_3) = $i \times \frac{Q}{2} \times (c + \frac{S}{Q})$

De seguida efectua-se o somatório de que resulta o custo total anual envolvido $C_t = (D.C) + (S. \frac{D}{Q}) + (i. \frac{Q}{2} (c + \frac{S}{Q}))$.

em que:

S = Custo por encomenda colocada

D = Unidades de procura anual

i = Custo de posse em %

C = Custo unitário

Os pressupostos deste cálculo baseiam-se em que: A procura é K^{te} e uniforme, o prazo de entrega é K^{te} , o preço por unidade do produto é K^{te} , todas as encomendas feitas são satisfeitas, e o custo de posse estimado em média.

Derivando em ordem a Q e anulando obtém-se o ponto mínimo da curva de custo total, que é a quantidade económica de encomenda.

$$Q_e = \sqrt{\frac{2 S D}{i C}}$$

Quando está em causa a quantidade económica de fabrico a expressão anteriormente apontada assume a expressão (Schroeder, 1989).

$$Q_f = \sqrt{\frac{2 S' D}{i C (1 - \frac{D}{p})}}$$

Em que S' é o custo de preparação de máquinas (custo de setup) e em que $(1 - \frac{D}{p})$ é um

factor correctivo decorrente do facto de em simultâneo à produção e entrega se processar o consumo do produto em causa.

2.3 - Modelos Clássicos de Gestão de Stocks

Sistemas de Revisão Contínua (Sistema Q)

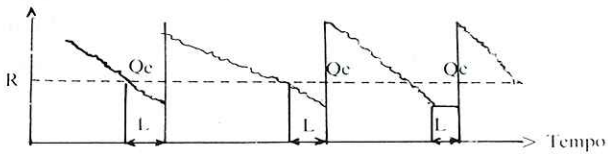
– Sempre que é atingido o ponto de encomenda R é encomendada a Q_e , ou seja, encomenda quantidades constantes em momentos variáveis.

– Funciona em automático.

– Não se justifica quando interessa fazer grupos.

- Não se justifica quando certos artigos ficam sem movimento (monos).

Stock em posse



Mantem os pressupostos de Q_e excepto Procura K^{te} . Encomenda Q_e , utilizando um D igual à média da procura.

Ponto de Encomenda

$$R = m + z\sigma$$

$$z\sigma \begin{cases} z = \text{factor de segurança (função do nível de serviço)} \\ \sigma = \text{desvio médio padrão} \end{cases}$$

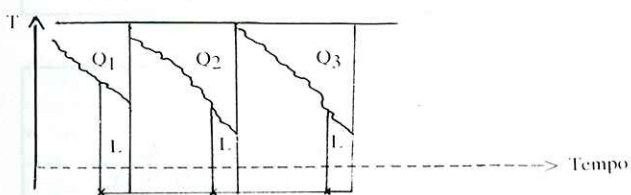
m = procura média durante o período de encomenda

s = stock de segurança $z\sigma$

Sistemas de Revisão Periódica

- Encomenda quantidades variáveis em períodos fixos
- É pouco flexível.
- Exige maiores stocks de segurança.
- É vantajoso quando se pretende fazer grupagens (mesmo fornecedor) ou quando se quer colocar a encomenda em datas específicas.

Stock em posse



$$P = \frac{Q}{D}$$

$$\text{Período de Encomenda } P = \sqrt{\frac{2S}{i \cdot c \cdot D}}$$

Stock máximo de posse (referência)

$$T = m' + s'$$

m' = procura média no período $P + L$

s' = Stock de segurança $z\sigma$

2.4 - Críticas à Visão Tradicional

Como se torna patente toda a visão clássica da gestão de stocks tem como suporte as noções de a) minimização de custos (cálculo da quantidade económica, e b) Stock de segurança (calculado a partir do nível de serviço pretendido e do padrão distribuição da procura) – estabelecido para melhorar o serviço ao cliente, para manter independência entre operações, para defesa dos atrasos na entrega dos fornecedores.

Existe portanto preocupação com a minimização de custos, e com o stock de segurança mas não existe preocupação com outros factores estratégicos como o tempo (prazo de entrega), a qualidade e a flexibilidade. Nomeadamente não são considerados os fluxos de produção e a sua regularização (como faz o JIT), nem a interligação entre o fabrico de componentes (como faz o MRP).

Mostoudjian e Crescenzo, (1987), criticam a expressão de Wilson anteriormente apresentada considerando que esta fixa de maneira artificial os ciclos de fabrico, retirando flexibilidade à produção como pode ver-se na situação seguinte:

Dimensão do Lote	Lote Inicial Q	Lote Duplo $2Q$
- Preparação	P	P
- Fabrico	F	$2F$
- Fila de Espera	Fa	$2Fa$
- Espera Forçada	Af	$2Af$
- Ciclo de Fabrico	T	$\pm 2T$

O ciclo de fabrico é proporcional à dimensão do lote, pelo que ao aumentar-se a sua dimensão aumentam-se as existências "em curso" e o investimento imobilizado, diminuindo o cash flow.

Assim, embora por um lado a fórmula de Wilson possa conduzir à diminuição de custos de exploração, por outro lado e na medida em que aumenta os "em curso", e diminui o cash flow, pode conduzir a uma diminuição da rentabilidade do investimento.

Outra crítica traçada na linha de orientação dos autores partidários de OPT (Optimized Production Technology) assenta em que na sua visão tradicional a forma como os custos são calculados, tendem a pressupor uma ocupação em permanência do pessoal existente de forma a diluir custos, mesmo que não exista procura em quantidade. Com esse procedimento o débito não aumenta, os custos de funcionamento sobem e os stocks em posse aumentam.

Veja-se o seguinte exemplo:

PEÇA	POSTO A			POSTO B		
	Programa Inicial em horas	Realização	Desvio	Programa Inicial em horas	Realização	Desvio
1	0 - 10	0 - 12	+ 2	10 - 20	12 - 24	+ 2
2	10 - 20	12 - 24	+ 4	20 - 30	24 - 34	+ 4
3	20 - 30	24 - 32	+ 2	30 - 40	34 - 44	+ 4
4	30 - 40	32 - 40	0	40 - 50	44 - 54	+ 4

O facto de o posto A se atrasar nas peças 1 e 2 (mesmo recuperando em 3 e 4) vai originar que o posto B se atrase 4 horas.

As flutuações estatísticas não se compensam, acumulam-se em postos de trabalho

3. - A Integração Abrangente do OPT (Optimized Production Technology)

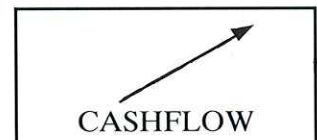
A metodologia do OPT alicerçada nas duas críticas anteriores, aprofunda de seguida a sua análise aos modelos tradicionais e estrutura-se num modelo próprio.

Sabendo que frequentemente a lógica de gestão de stocks tradicional é associada com o método da taxa de escoamento (run out time) e com a equilibragem de linhas de montagem, que tentam adaptar em permanência a capacidade máxima dos meios de produção à procura, o OPT considera esta prática não flexível nem razoável, pois se a fábrica estivesse sempre equilibrada (sem folgas) no máximo 100%, não podia adaptar-se às flutuações aleatórias quotidianas (variações do mercado, atrasos, avarias, absentismo, etc....)

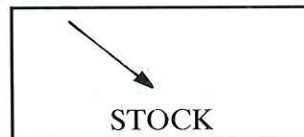
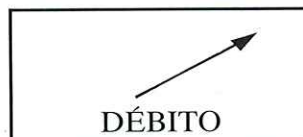
dependentes uns dos outros e a equilibragem é impossível.

Perante a crítica ao anteriormente exposto, o modelo OPT propõe-se funcionar, melhorando em simultâneo

INDICADORES FINANCEIROS...



... e indicadores operacionais



Pois, aumentando o débito e reduzindo stocks e custos de funcionamento são melhorados os resultados, e os objectivos são conseguidos coerentemente.

É portanto uma visão claramente mais global e integradora que a visão tradicional da gestão de stocks baseada na expressão de Wilson.

4. - MRP* (Manufacturing Resources Planning)

Quando um produto se decompõe em numerosos componentes tem plena justificação a utilização do MRP, este, através do cálculo de necessidades transforma o Plano Director de Produção numa *programação ao mais tarde* dos lotes necessários e suficientes ao fabrico.

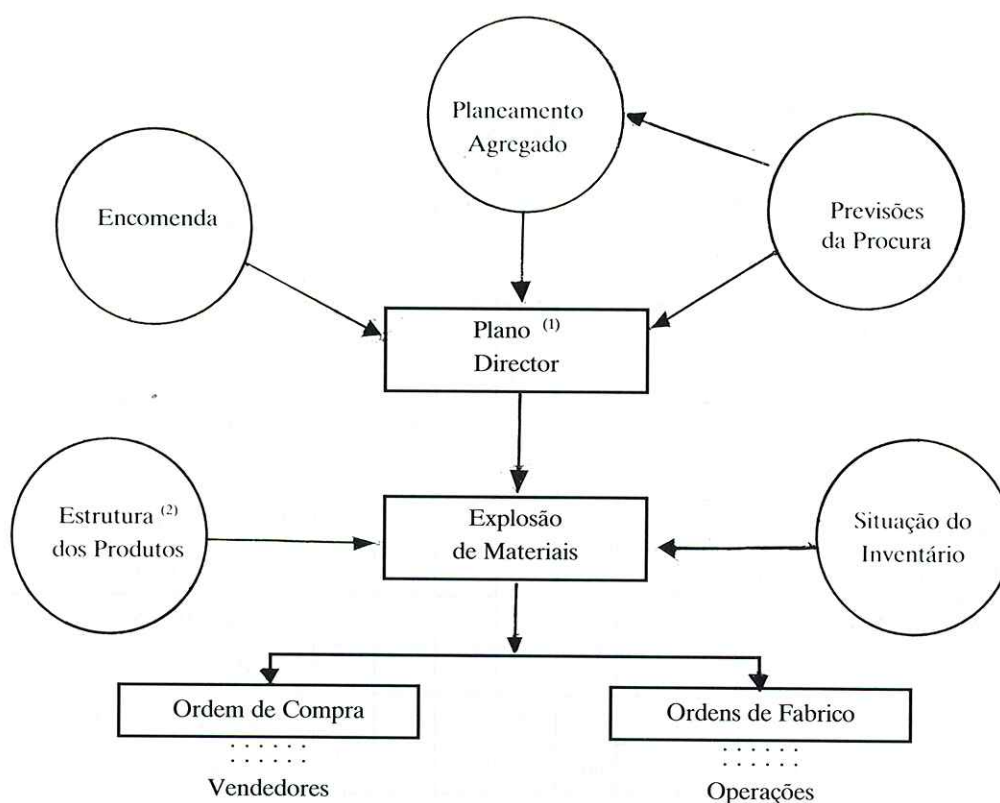
Trata-se assim de um método convencional melhorado, através de boas previsões das

necessidades de componentes em cada posto de trabalho, considerando os seus prazos de entrega. (Joseph Orlicky, 1975).

Ou seja, o MRP é definido ao nível do planeamento agregado, a partir do que, com base nas previsões da procura e nas encomendas existentes é estabelecido um Plano Director. A partir daí, a explosão que consiste no cálculo das necessidades líquidas de cada componente, tendo em conta os prazos de entrega, é realizado com base em:

- Situação do inventário – que contem os saldos de stock permanentemente actualizados, as encomendas em curso, a dimensão dos lotes, os prazos de entrega e os stocks de segurança.
- Estrutura do produto – que contem as gamas operatórias, sequência de realização do produto, como e onde são produzidos os produtos, bem como os tempos de produção.

A estrutura que melhor representa o MRP é a seguir apresentada: (Schroeder, 1989).



(1) Master Plan/Plano Mestre

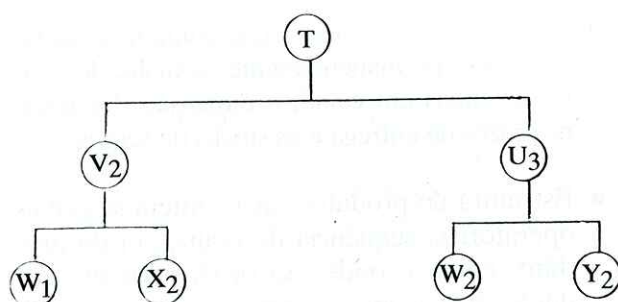
(2) Bill of Materials (BOM)

* MRP tem vindo a evoluir no seu conceito nomeadamente:

- de um sistema de controlo de inventários (Materials Requirement Planning)
- para um sistema de controlo de inventários e produção
- até um sistema de planeamento e controlo de recursos da produção e fabrico (MRP_{II} – Manufacturing Resources Planning System)

Da explosão e, caso exista capacidade suficiente, resultam as ordens de compra para materiais e as ordens de fabrico com definição de datas para a oficina – caso não exista capacidade, deve alterar-se o plano Director ou a capacidade disponível.

Na aplicação simples que se observa em seguida, os itens sujeitos à procura dependente decorrem da procura independente, através da estrutura de produtos:



Para 100 unidades de T são necessárias:

200 unidades de U

300 unidades de V

Em que:

T leva uma semana a fabricar

U leva duas semanas a fabricar

V leva duas semanas a fabricar

W leva três semanas a fabricar

X leva uma semana a fabricar

Y leva uma semana a fabricar

Para o caso deste exemplo o plano de materiais necessários ao fabrico de 100 unidades do produto T é o seguinte:

		SEMANAS							
		1	2	3	4	5	6	7	
T	DATA REQUERIDA							100	PRAZO DE ENTREGA = 1 SEMANA
	COLOCAÇÃO DA ENCOM.						100		
U	DATA REQUERIDA						200		PRAZO DE ENTREGA = 2 SEMANAS
	COLOCAÇÃO DA ENCOM.				200				
V	DATA REQUERIDA						300		PRAZO DE ENTREGA = 2 SEMANAS
	COLOCAÇÃO DA ENCOM.				300				
W	DATA REQUERIDA				800				PRAZO DE ENTREGA = 3 SEMANAS
	COLOCAÇÃO DA ENCOM.	800							
X	DATA REQUERIDA				400				PRAZO DE ENTREGA = 1 SEMANA
	COLOCAÇÃO DA ENCOM.			400					
Y	DATA REQUERIDA				600				PRAZO DE ENTREGA = 1 SEMANA
	COLOCAÇÃO DA ENCOM.			600					

À medida que o número de componentes aumenta, o problema ganha complexidade, e

só o recurso a programas de computador o torna aplicável.

Resumindo, o MRP, vai ter incidência, *a)* nas existências em posse, *b)* na definição de prioridades, *c)* na utilização da capacidade.

- a)* Existências em posse
 - encomenda a peça certa
 - encomenda a quantidade certa
 - encomenda no tempo certo
- b)* Definição de prioridades
 - encomenda na "data devida"
 - actualizada a "data devida"
- c)* Utilização da capacidade
 - planeia para uma carga completa
 - planeia para uma carga rigorosa
 - planeia para um tempo adequado

Toda esta lógica interna do MRP vai gerar alterações em relação ao modelo de programação tradicional, nomeadamente:

- O material é encomendado quando existe necessidade e não segundo um ponto de encomenda.
- O princípio ABC, em princípio não funciona – os itens C são tão importantes quanto os itens A.
- A quantidade económica de encomenda (Q_e) é pouco útil quando se usa o MRP, embora existam expressões modificadas da Q_e .
- Quando utilizado correctamente o MRP exige pequenas quantidades de stock de segurança, nomeadamente se existir um bom controle de tempos e de prazo de entrega, o que passa por um bom relacionamento com os fornecedores.

Se forem utilizados stocks de segurança a todos os níveis, serão necessárias grandes quantidades de materiais – Por exemplo, se o produto A tem n partes, exige stock de segurança para cada uma das partes, então o volume de existências cresce enormemente – É então preferível controlar tempos a controlar quantidades (Prazo de entrega de segurança).

O maior problema existente ao nível do MRP consiste na difícil readaptação, quando sur-

gem alterações decorrentes de avarias, cancelamento de encomendas, etc. – Existe no entanto uma variante do MRP que é o MRP de ciclo curto (Bill Belt) que preconiza a redução do ciclo de produção e que consiste em gerir apenas o Plano director da produção apenas ao nível de conjuntos e de matérias primas, realizando as montagens com toda a rapidez, apenas no momento em que chegam as encomendas dos clientes.

Assim o MRP não é simplesmente uma metodologia de gestão de stocks, pois além de definir necessidades líquidas e estabelecer um Plano Director para encomendas seguindo um plano de encomenda, vai interferir na programação da produção, confrontando a relação entre carga e capacidade, e fazendo o lançamento de ordens de compra e fabrico – Responde assim de uma forma mais completa aos objectivos de programação da Produção, que consistem em: cumprir prazos de entrega, melhorar a eficiência de utilização da capacidade, e minimizar os stocks em posse.

A aplicação desta metodologia não permite no entanto em si mesma conduzir a um aumento do débito (preconizado pela OPT), nem conduzir a uma sincronização de fluxo de operações (preconizado pelo JIT).

5. - Just-in-Time (JIT)

O JIT é fundamentalmente uma forma de transformar uma produção descontínua numa produção contínua (Edward Hay, 1988) – Funciona assim como uma linha de montagem que produz:

- A mais pequena quantidade possível
- O mais tarde possível – a operação n está pronta exactamente quando a operação $(n+1)$ precisa dela.
- As existências são eliminadas porque impedem os fluxos.

Quando se utiliza o JIT, os trabalhadores têm a responsabilidade de produzir peças com qualidade e em tempo para alimentar o posto de trabalho seguinte. Se não conseguirem fazê-lo devem parar e pedir ajuda. Assim as

acções só devem ser tomadas no momento em que a necessidade é sentida, ou seja, quando a procura o solicita.

Desta forma, são anuladas as filas de espera, tempos de preparação e reduzidos os tempos de espera e de movimentação bem como os stocks em curso.

Os sete elementos que caracterizam o JIT são:

FLUXO

- Carga uniforme
- Redução do tempo de arranque
- Sincronização de operações
- Arrastamento de operações
- Compras JIT

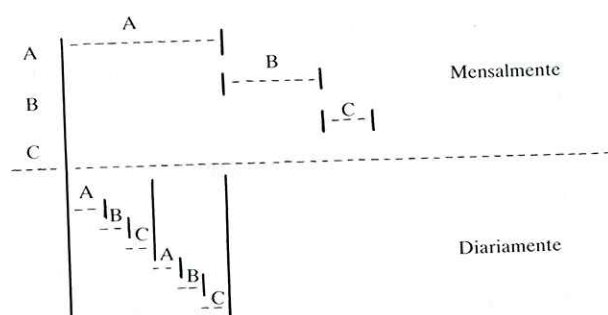
ENVOLVIMENTO

QUALIDADE

Assim, é a programação que determina o modelo do JIT, na medida em que fundamentalmente pretende reduzir o ciclo de produção sincronizando os fluxos de produção.

O fluxo é o aspecto determinante do JIT, conduzindo a aceleração de uma das operações ao desequilíbrio da linha de produção, pois é diferente produzir à taxa do que o mercado precisa ou produzir à taxa da velocidade da máquina. Em consequência o nível de carga sofre uma alteração, pois passa vender diariamente o que produz diariamente.

Graficamente, a representação é a seguinte:



Sendo o ciclo de Produção reduzido, os tempos de preparação passam a ter maior importância relativa, e interessa aprender a reduzi-los tanto quanto possível, o que se consegue com mudanças rápidas de ferramenta. (SMEDE).

Enquanto numa produção repetitiva de grandes séries o que interessa reduzir é o tempo de operação, num sistema destes é função dos trabalhadores reduzirem o stock através de uma melhoria constante do ciclo, reduzindo os tempos mortos e os tempos de preparação de máquina, o que vai aumentar a capacidade disponível, melhorar a flexibilidade e reduzir o stock.

O essencial para a redução do tempo de preparação é dividi-lo em interno e externo – o interno exige que a máquina pare, o externo pode realizar-se enquanto a máquina está em funcionamento.

Os fornecedores funcionam integrados com o sistema, e é-lhes pedido que façam entregas frequentes e com qualidade – são sócios, não são adversários. Uma ligação de longo prazo é necessária, sendo as negociações de preço baseadas nos custos.

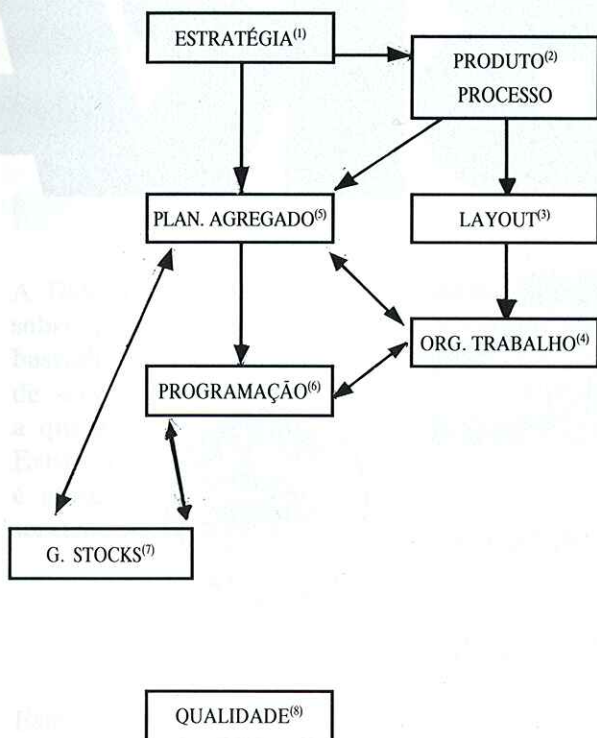
A implementação do JIT implica uma forte **redução prévia** de:

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| • Defeitos de Fabrico | – Zero Defeitos |
| • Avaria das Máquinas | – Zero Avarias |
| • Tempos de Preparação | – Zero Tempo Preparação |
| • Dimensão dos Lotes | – Zero Lote |
| • Movimentação | – Zero Movimentação |
| • Filas de Espera | – Zero Fila de Espera |
| • Rupturas de Stocks | – Zero Rupturas |
| • Ciclo de Obtenção Produto | – Zero Ciclo de Obtenção |

5.1 - JIT e Programação

O JIT tem na regulação de fluxo o seu aspecto determinante, pelo que interessa relevar as principais alterações que a sua introdução gera na produção e em particular ao nível de programação.

A introdução do JIT vai interagir com a quase totalidade do sistema de produção e nomeadamente com as seguintes funções:



- O ciclo de produção é reduzido, e concomitantemente existe necessidade de reduzir tempos de preparação.
- O mapa de programação deve ser nivelado diariamente. A mesma quantidade é produzida em cada dia ao longo de todo o mês, ou seja, pequenos lotes são programados de forma a que haja uma carga diária uniforme.
- Um dos principais objectivos é regular os fluxos de produção, regulando a carga, e sincronizando operações o que se consegue por arrastamento de operações, em consequência do que, as filas de espera são reduzidas ou mesmo anuladas.
- A linha de montagem utilizando mão de obra polivalente e atenta à melhoria de

produtividade não deve nunca ser interrompida para a montagem de um produto especial.

- A dimensão dos lotes de fabrico embora dependendo do balanço, entre custo de preparação e custo de posse do stock, é drasticamente reduzido, sendo os componentes produzidos à medida que são requeridos.
- As existências são drasticamente reduzidas.

Com a utilização do JIT os pontos inicialmente focados como objectivos de programação são assim todos melhorados (prazo de entrega, eficiência de utilização e minimização de stocks), sempre que existem condições para a sua utilização.

Por outro lado pode dizer-se que, em termos de conceito o JIT tem semelhanças com o OPT, e embora bem diferente do MRP, pode compatibilizar-se a sua utilização conjunta.

Apesar das grandes vantagens que traz o JIT falha no entanto, sempre que não existem condições de estabilidade externas (fornecedores, clientes e procura estável) ou internas (elevada rotação de mão-de-obra, absentismo, elevada taxa de avarias, baixa qualidade,...). Ou seja, sempre que o contexto externo ou interno seja fortemente variável.

Bibliografia

- BELT, B., "APPLICATIONS IN SHORT CYCLE MRP", Oliver Wright Education Associates.
- CHASE, AQUILAND, N.A., 1989, "PRODUCTION AND OPERATIONS MANAGEMENT", A Life Cycle Approach - 5.ª Edição, R. & Irwin.
- DE CRESCENZO, J.M.J., 1987, "LA GESTION DE PRODUCTION ASSISTÉE PAR ORDINATEUR".
- HAY, E.J., 1988, "THE JUST-IN-TIME BREAKTHROUGH", John Wiley & Sons.
- ORLICKLY, J., 1975, "MATERIALS REQUIREMENT PLANNING", MacGraw Hill.
- SCHROEDER, 1989, "OPERATIONS MANAGEMENT", MacGraw Hill.