

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP
INSTITUTO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS - IFCH
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO ECONÔMICO - DEPE
CENTRO TÉCNICO ECONÔMICO DE ACESSORIA EMPRESARIAL - CTAE**

GESTÃO DOS PRODUTOS EM CURSO DE FABRICAÇÃO

Material de Leitura para Uso Exclusivo Nos Cursos do DEPE

INTRODUÇÃO

Em qualquer empresa, mas, em especial, nas que se encontram em fase de expansão acelerada, os produtos em curso de fabricação devem constituir uma preocupação prioritária dos seus dirigentes e quadros técnicos.

O artigo seguinte aponta os mais importantes riscos de uma ausência de controle da velocidade da progressão dos produtos ao longo do respectivo circuito fabril: e lavadas imobilizações financeiras provenientes das acumulações de material, desequilíbrio na cadência de produção, dificuldade na promoção comercial.

Advoga-se um método de gestão baseado na medida e análise comparativa dos tempos e fatores de escoamento relativos às ordens de fabricação ou ao material que se encontra no ciclo correspondente. Exemplifica-se através de um ensaio efetuado numa fundição de metais não ferrosos quando da introdução do método, salientando-se as implicações no custo de fabricação dos tempos de espera.

**GESTÃO DOS PRODUTOS EM CURSO DE FABRICAÇÃO E ENSAIO DE UM
MÉTODO DE MEDIDA E ANÁLISE**

Pelo Eng. Luis Filipe de Moura Vicente,
Assistente do Serviço de Produtividade do
Instituto Nacional de Investigação Industrial.

A - O problema dos produtos em curso de fabricação

Num período de expansão de uma empresa, o problema dos produtos em curso de fabricação¹, ou melhor, da velocidade da sua progressão ao longo do respectivo circuito fabril, deverá ser considerado como dos de maior importância entre aqueles cuja solução conduz a uma eficiente gestão da empresa.

A experiência prova que diversos fatores da natureza econômica, técnica e psicológica podem ser a causa de uma extraordinária e perigosa diminuição dessa velocidade.

Assim, o aumento da procura num mercado e o conseqüente crescimento de valor de consumo serão a causa de uma utilização tão grande quanto possível de uma determinada capacidade industrial, de que resultará múltiplos problemas para a produção (perda de flexibilidade, interrupções por avarias de equipamento, falta de matérias, etc.), aumento dos tempos de espera e uma inevitável diminuição de volume de produção por unidade de tempo.

¹ Na análise de estrutura financeira da empresa efetuada através do estudo do seu Balanço, o grupo dos elementos do Ativo, entre os quais se conta os estoques ou produtos em curso de fabricação constitui um reflexo de como se empregaram os capitais postos a sua disposição. É fundamental nesse estudo a comparação entre o tempo previsto para a imobilização dos diversos valores ativos com o tempo ao fim do qual são exigíveis os capitais que financiam esses valores.

Torna-se evidente a conveniência em diminuir o tempo dessa imobilização, em especial, da relativa aos valores dos estoques o que sucederá quando for elevada a sua rotação ou, para o caso dos em curso de fabricação, quando for elevada a sua velocidade no circuito fabril.

O termo "tempo de escoamento" foi-nos sugerido pela analogia hidráulica que poderemos traçar entre o volume dos produtos em curso de fabricação e o volume de líquido num reservatório.

A quantidade de ordens lançadas em fabrico corresponderá ao débito da torneira de evacuação do reservatório e a quantidade fabricada por unidade de tempo corresponderá ao débito da torneira de evacuação.

No caso do reservatório, o tempo de escoamento será o tempo ao fim do qual o líquido situado ao seu nível superior chegará à sua torneira de evacuação.

Também quando se mecaniza ou especializa uma fabricação com o fim de produzir lotes de maior dimensão, resulta uma acumulação do material na zona fabril e uma conseqüente diminuição da sua velocidade global no respectivo circuito. Por outro lado, para qualquer tipo de produção, uma ausência ou deficiência nos dispositivos do seu planejamento e controle implicará um desequilíbrio entre a cadência de lançamento das fabricações e a cadência (ou capacidade) de produção, que poderá causar um volume elevado de produtos em curso de fabricação.

Finalmente, os fatores psicológicos podem ter grande influência qualquer que seja o nível hierárquico na empresa do responsável e as decisões têm um reflexo inevitável no volume de produtos em curso de fabricação.

A administração ao decidir na escolha entre efetuar um certo investimento num equipamento novo ou aumentar a utilização do já existente, tenderá invariavelmente para a segunda solução.

A Direção da Produção com receio de uma ruptura na cadência de fabricação preferirá, em geral, proceder ao lançamento de um grande número de ordens de fabricação, com uma baixa velocidade nos respectivos circuitos, em vez de um pequeno número, mas de grande velocidade.

O problema dos produtos em curso de fabricação que dados os múltiplos fatores intervenientes constitui na realidade uma pesquisa de um ótimo econômico é especialmente importante nos setores de indústria com um vasto e muito diverso programa de produção (por exemplo, na fabricação de unidades ou de pequenas séries).

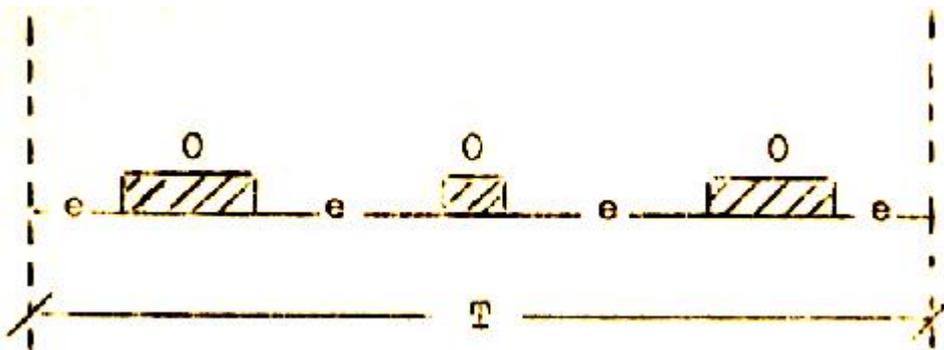
Analisemos em pormenor o problema enunciado nas linhas gerais e vejamos alguns conceitos e definições que com ele se relacionam.

B - Análise do tempo e do fator de escassamento

A execução de uma determinada ordem de fabricação pressupõe o consumo de uma certa quantidade de tempo na fabricação dos produtos (ou lote de produtos) respectivos. Durante esse período de tempo, também chamado; prazo de fabricação ou ciclo de fabricação vão realizar-se operações tecnológicas, movimentações de materiais, preparação de equipamentos e inspeções, etc.

Contudo, o tempo decorrido desde que se iniciou o ciclo e fabricação até o seu término, na quase generalidade dos processos industriais, muito mais longo do que a simples soma dos tempos operativos. Isto significa que durante o circuito de fabricação, por diversas vezes surgiram interrupções e tempos de espera, mais ou menos inevitáveis.

Esquemáticamente teremos



onde T é o tempo de escoamento², isto é, o tempo total que uma ordem de fabricação ou um material permanece no respectivo ciclo, ou o tempo ao fim do qual se completa o ciclo de fabrico.

Em princípio os tempos de espera³ significam despesas extraordinárias, agravando o custo final do produto fabricado e aumentando os prazos de fabrico e entrega, especialmente nas empresas trabalhando em regime de produção por encomenda, onde, muitas vezes a quantidade de trabalhos lançados em fabricação é consideravelmente superior à que se encontra em fase operativa.

² O termo "tempo de escoamento" foi-nos sugerido pela analogia hidráulica que poderemos traçar entre o volume dos produtos em curso de fabricação e o volume de líquido num reservatório.

A quantidade de ordens lançadas em fabrico corresponderá ao débito da torneira de evacuação do reservatório e a quantidade fabricada por unidade de tempo corresponderá ao débito da torneira de evacuação.

No caso do reservatório, o tempo de escoamento será o tempo ao fim do qual o líquido situado ao seu nível superior chegará à sua torneira de evacuação.

³ Não se poderá deixar de notar que algumas vezes os tempos de espera são necessários e mesmo indispensáveis para garantir uma certa elasticidade nos circuitos de fabrico ou para se atingir um grau de utilização econômico de equipamento disponível.

Destas considerações resulta, obviamente, que o controle da velocidade dos produtos em curso de fabricação a partir da medida dos tempos de escoamento poderá desempenhar um importante papel como instrumento de gestão da empresa. Com efeito, esse controle poderá orientar a empresa para uma melhor exploração dos:

a) fatores financeiros

- possibilitando uma mais rápida rotação dos capitais imobilizados.
- conseqüente diminuição das despesas com juros desses mesmos capitais.
- e das despesas relativas aos outros componentes do custo de posse⁴ dos stocks incorporados na fabricação em curso.

b) fatores e meios de produção

- conduzindo a uma melhoria do planejamento e controle de produção
- conseqüente melhor utilização dos fatores produtivos.
- e aumento global da eficiência por correção e desenvolvimento do sistema informativo, etc.

Concretizando, os diversos pontos mencionados são um indicativo de que uma sistemática medida e controle de velocidade dos produtos em curso de fabricação ou dos respectivos tempos de escoamento, e sua informação nos diferentes níveis de chefia da empresa serão um poderoso contribuinte para se evitarem interrupções, demoras e perdas diversas ao longo do circuito de fabrico.

O objetivo global será invariavelmente simplificar o ciclo de fabricação de modo que, com a maior rapidez, a seção fabril ou a empresa possam recomeçar novas operações, vantajosas para a conquista de sucessivas e mais favoráveis mercados.

⁴ O custo de posse dos stocks constituído pelos seguintes elementos: juro do capital imobilizado, despesas relativas ao local e instalações ocupadas pelos stocks (valor da sua compra ou do seu aluguel, seguros, conservação, iluminação, etc.), despesas com o funcionamento dessas instalações incluindo o custo das movimentações efetuadas e da conservação dos stocks e despesas inerentes a sua depreciação, deterioração e perda.

O fator de escoamento no caso de fabricação por lote será definido por:

$$f = \frac{T \times 45}{X} \quad (5)$$

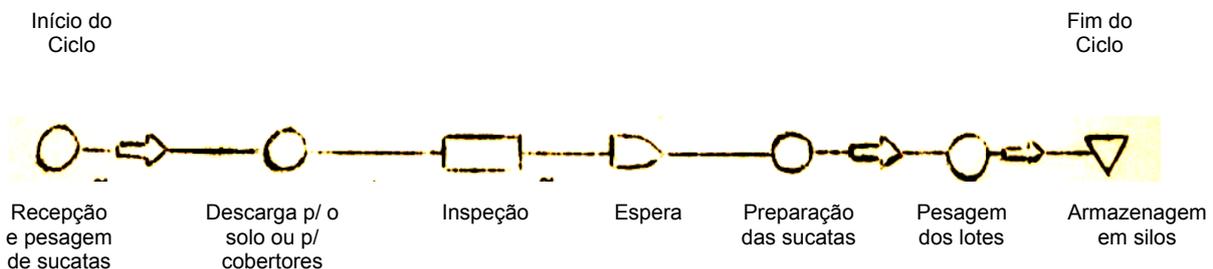
Relação em que o numerador T é reduzido a horas (considerando uma semana de 45 horas) e o denominador X representa a quantidade de trabalho médio, em horas, por ordem de fabrico.

Este método de cálculo na velocidade dos produtos em curso de fabricação conduz-nos assim a valores numéricos relativos a todo o material (ou lotes distintos de materiais) que atravessa uma seção ou fabrica durante um certo período de tempo. Uma informação periódica como essa constitui uma base objetiva para um processo eficiente de análise, cujo valor melhor poderá ser apreciado através de uma aplicação industrial e respectivos cálculos numéricos.

C - Ensaio de medida numa fundição de metais ferrosos

Um ensaio de aplicação de método efetuou-se numa fundição de metais não ferrosos cujo processo fabril constituía na fusão de lotes calibrados de sucatas, previamente preparados de preparados de modo a obter-se lingotes de uma composição especificada.

A velocidade dos produtos em curso de fabricação foi medida num circuito delimitado como é indicado no esquema seguinte:



Este esquema representa o mais correto fluxo de material, se bem que o fato das sucatas recebidas serem diversificadas lhe impunha, na realidade, ligeiras diferenças.

Assim, dada a necessidade de se atender a essas variações do circuito, classificaram-se as sucatas em 5 grupos distintos, cada um dos quais se identificou com um dos quais se identificou com um certo conjunto de operações.

Desde o momento em que uma quantidade de sucata chega à fábrica, inicia-se imediatamente um circuito informativo que decorrerá, por vezes, paralelamente ao circuito de material já esquematizado. Assim, uma comunicação é estabelecida entre o Serviço de Aprovisionamento, a Recepção, os Laboratórios, a Produção e a Contabilidade; está em causa uma determinada compra de material que é preciso inspecionar e controlar (comparação das especificações determinadas com as requeridas e acordadas no contrato de compra) e, em seguida, processar no setor fabril (escolher, separar, cortar, prensar, pesar, temperar, etc.) até ser armazenado nos silos convenientes, conjunto de etapas previamente preparadas e programadas no tempo.

Ora, foi para avaliar a eficiência do setor da empresa em que se desenrola todo este ciclo fabril que se calculou o tempo de escoamento para cada um dos 5 grupos de sucata já mencionadas. Como se tratava do ensaio dum método não aplicado até o momento na empresa, não existiam, por consequência, valores padrão que servissem para uma posterior comparação.

De certo modo, o ensaio correspondeu, portanto, ao lançamento do método na empresa, como mais uma ferramenta de controle da sua qualidade de exploração.

O tempo de escoamento, expresso por $T = \frac{Q}{P}$ semanas foi calculado a partir de:

Q = Quantidade média de material (ou toneladas) existente no setor, num determinado instante.

P = Capacidade de produção expressa pelas toneladas de material saídas do setor por semana.

O fator escoamento representado por: $f = \frac{T \times X \times 45}{X}$ considerou X = consumo médio em horas, determinado por ordem de fabrico.

A coleta de dados referiu-se a um certo período de tempo, durante o qual se calcularam sistematicamente as quantidades⁵.

$$Q_x = \frac{M_x + (M_x - P_x + i_x)}{2} \quad (6)$$

em que

M_x = material existente no princípio da semana

P_x = material saído na semana x

i_x = material entrado na semana x e as capacidades e produção.

$$P_x = \frac{P_x + P_{x-1} + P_{x-2} + P_{x-3}}{2} \quad (7)$$

que permitiram o cálculo de $T_x = \frac{Q_x}{P_x}$ semanas (8)

e de $T = \frac{T_x}{x}$ (9)

a partir de que determinamos $f = \frac{T \times X \times 45}{l} = \frac{T \times X \times 45}{l' \times A}$ (10)

em que

l' = Tempo consumido nas sucessivas operações para cada grupo de material, expresso em horas /100 kgs.

A = Quantidade média em toneladas, por ordem de fabrico, de cada grupo de material.

Efetou - se a determinação de T para x = 4 semanas que conduziu aos valores de f indicados no Quadro I seguinte:

⁵ Quantidade no princípio do período + Quantidade no fim do período.

QUADRO I

Tempo de escoamento e fator de escoamento

Grupos de Material	f	I – I' x A horas			T semanas
			I'' h/ Ton.	A Ton.	
A 0	13	5,3	0,96	5,590	1,5
A 1	8	20,5	4,18	4,900	3,7
A 2 ⁶	-	-	-	3,000	3,1
A 3	10	7,3	2,88	2,500	1,5
A 4	18	7,5	1,89	4,000	3,1

Pela análise do Quadro I, os tempos de escoamento T apresentam para diferentes grupos de material uma gama de valores de 1,5 a 3,7 semanas, períodos durante os quais valores materiais permanecem nos respectivos ciclos de fabrico.

A própria natureza dos grupos de sucatas justifica as diferenças dos valores T, dado:

- o maior ou menor n ou complexidade de operações e conseqüente diversificação de tempos operativos.
- A maior ou menor importância nas fases de controle laboratorial
- A maior ou menor complexidade de circuitos administrativos de grupo para grupo de material.

A comparação dos fatores de escoamento f deixou de ter interesse em fazer-se, neste caso, por os valores de I serem muito distintos (com exceção dos grupos A₃ e A₄ com os valores de 7,3 e 7,5 horas, respectivamente o que justifica a proporção existente entre os correspondentes valores de T e F).

Para cada grupo de material interessa, no entanto, analisar o respectivo valor de f, tendo em consideração a sua própria definição e o conceito de que para cada unidade (tonelada) em operação existam f-1 unidades em espera ⁷1.

⁶ Para este grupo de material, n foi calculado pela incerteza temporária na determinação do valor de 1'.

Assim, por grupo de material e através do seu valor de f pode ter-se uma idéia da importância relativa das quantidades em espera, que poderão ser comparadas com as quantidades médias existentes (Q_x) na seção de fabrico.

O Quadro II, seguinte, indica –nos os valores absolutos e relativos de Q e de P , para cada grupo de material, calculados a partir do seu registro diário durante um período de quatro semanas.

QUADRO II

Valores médios de Q (quantidade média existente) e de P (quantidade saída semanalmente)

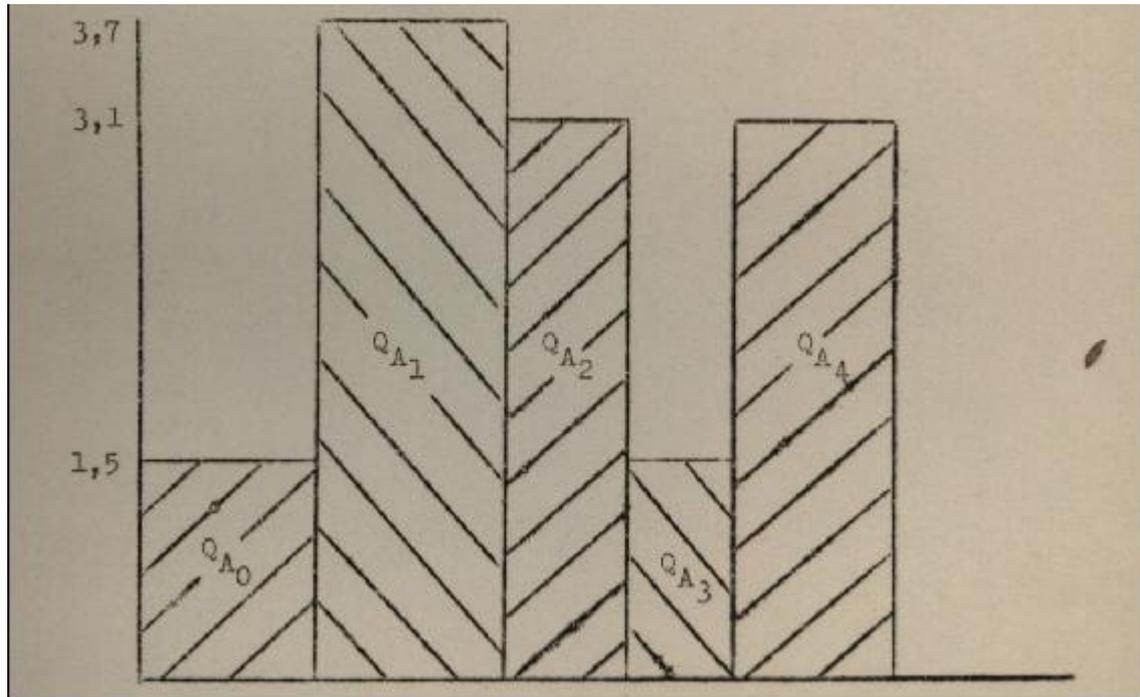
Grupos de material	Q toneladas	%	P toneladas	%
A 0	90	14,6	60	20,5
A 1	240	39,0	65	28,6
A 2	128	21,0	42	18,5
A 3	26	4,3	17	7,5
A 4	130	21,1	43	18,9
Total	614	100,0	227	100,0

A importância relativa destes valores destaca-se quando apresentada como no gráfico 1, seguinte:

⁷ Com efeito da expressão (4) $f = 1 + \frac{Q_e}{Q_o}$ podemos verificar que para $Q_o = 1$ resulta $Q_e = f - 1$.

GRÁFICO I

Relação entre o tempo de escoamento T e as quantidades médias saídas P



Quantidades médias saídas P (ton.)

Por comparação das áreas $Q = T \cdot P$ torna-se possível obter uma clara percepção das quantidades de material de cada grupo existentes, num certo momento, na área fabril e a sua importância relativa.

B – Implicações no custo de fabricação do elemento T

Para conhecer quanto material destas quantidades Q está em fase de espera basta calcular para cada grupo de material as quantidades

$$Q_e^8 = \frac{f-1}{f} \times Q \quad (11)$$

Estas quantidades representam um encargo financeiro para a empresa que, no ensaio em questão, foi determinado a partir das hipóteses seguintes:

- custo por quilo de qualquer dos materiais igual a 2\$00

⁸ Sendo $Q = Q_e + Q_o$ e atendendo ainda à expressão (4) resulta $Q_e = (f - 1) Q_o$ onde $Q_o = \frac{Q}{f}$.

- custo por ano do fator tempo de espera 1) igual a 15% do valor do material nessas condições Tania

Para cada um dos grupos do material à (exceção de A_2 para que não foi calculada a f) teremos respectivamente:

$$A_0 - \frac{12}{15} \times 90 \times 2\$00 \times 0,15 \times 10^3 - 25\ 000 \text{ Esc./ano}$$

$$A_1 - \frac{7}{8} \times 240 \times 2\$00 \times 0,15 \times 10^3 - 63\ 000 \text{ Esc./ano}$$

$$A_2 - \frac{9}{10} \times 26 \times 2\$00 \times 0,15 \times 10^3 - 7\ 000 \text{ Esc./ano}$$

$$A_0 - \frac{17}{18} \times 130 \times 2\$00 \times 0,15 \times 10^3 - 37\ 000 \text{ Esc./ano}$$

Obeve-se assim uma noção precisa do que custou, para cada grupo de material, o conjunto de interrupção e esperas; por outro lado, a importância relativa desse custo permitiu orientar para os grupos mais dispendiosos as ações corretivas necessárias à aceleração da sua velocidade do circuito de fabricação.

Como se estimou a produção semanal total em cerca de 200 toneladas e portanto a anual de 10 000 toneladas, com um valor total de 20 000 contos, se, por hipótese, se mantivessem ao longo do ano os valores f calculados, ter-se-ia um custo anual relativo a material em espera de 130 contos (mínimo pois não se considerou o relativo ao grupo de material A_2) o que representa mais 6% do valor de produção.

-
- 1) Consideram-se os produtos em curso de fabricação quando em fase de espera, sujeitos as despesas correspondentes ao custo da sua posse, estimado por muitos autores em, pelo menos, 15% do seu valor.

Compreende-se, portanto, o interesse extraordinário em controlar os valores de f, calculando-se periodicamente para um circuito fabril, e procurando conservá-los

dentro de padrões financeiramente aceitáveis. Uma intervenção a tempo num valor de f excessivamente alto, efetuada por uma ação corretiva. 1) no processo de fabrico de um certo grupo de material, com o fim de aumentar a sua velocidade em curso e diminuir os tempos de espera, conduzirá a valores mais baixos dos encargos financeiros anuais relativos aos produtos em curso de fabricação.

O controle de f poderá também ser efetuado através do seu cálculo sistemático para cada um dos sucessivos setores da empresa por onde circula um grupo de material. Deste modo, poder-se-á localizar com maior facilidade a origem de tempos de espera excessivos, logo que em determinado setor o respectivo valor de f ultrapasse o padrão determinado como aceitável para o tipo de fabricação processado.

O estabelecimento desses valores padrão para f , baseia-se numa análise dos fatores (espaço, tipo de materiais processados, grau de mecanização, grau de organização, etc.) mais diretamente relacionados com o tipo de fabricação em estudo, de unidades, de lotes ou séries, e sua ponderação segundo uma óptica preocupada com a pesquisa de um ótimo económico. Este trabalho constitui, inevitavelmente, uma fase primordial ao conduzir-se numa empresa o controle dos produtos em curso de fabricação, através da medida dos tempos de escoamento T e dos fatores de escoamento f .

Por exemplo, se o valor de Q for calculado em horas e P em horas por semana, resultará naturalmente o valor de T expresso em semanas. Poder-se-á dizer q o tempo de escoamento ou que a rotação dos produtos em curso de fabricação é avaliada por um certo quantitativo T de semana.

-
- 1) Como exemplo dessas ações corretivas apontamos um esforço para equilibrar as cargas de trabalho com a capacidade de produção, ou para ordenar corretamente execução das diferentes operações peculiares dos diferentes grupos de material.

- 1) As expressões de T (1) e (3) são aliás equivalentes dado que por hipótese,
- as condições de fabrico permanecem constantes durante o período em que se mede T pelo que
 - a relação entre os tempos operativos e os tempos de espera é proporcional à relação das quantidades de trabalho em operação com as quantidades em espera, isto é,

$$\frac{\sum o}{\sum e} = \frac{\sum Q_o}{\sum E_o}$$

sendo $Q = Q_e - Q_o$, $\square_o = K Q_o$ $\square_e = K Q_e$

Q_o = Quantidade média de trabalho ou material existente numa seção fabril, em fase de espera, num determinado instante.

Q_e = Quantidade média de trabalho ou material existente numa seção fabril, em fase de espera, num determinado instante.

TC = Constante que se pode definir como o tempo operativo de uma unidade de trabalho ou material (por exemplo, 1 tonelada). Dimensionalmente K é, por tanto, o inverso da capacidade de produção P .

A expressão 1) $T = \square_o + \square_e$ pode portanto tomar o aspecto

$$T = K(Q_o + Q_e) \frac{Q}{P} \text{ e a expressão 2)}$$

$$f = 1 + \frac{\square_e}{O} = 1 + \frac{K Q_e}{K Q_o} = 1 + \frac{Q_e}{Q_o} \quad (4)$$

Por uma questão de uniformidade a análise do ciclo de fabricação é feita, preferivelmente através do controle do fator de escoamento definido pela relação entre o tempo de escoamento e o somatório dos operativos, isto é,

$$f = \frac{T}{\Sigma o} = \frac{\Sigma o + \Sigma e}{\Sigma o} = + \frac{\Sigma e}{\Sigma o} \quad (2)$$

Pela ponderação destas relações de tempo, torna-se possível determinar se os produtos se movem com uma velocidade aceitável e julgar se o seu controle é de aplicação eficiente pelas ações corretivas introduzidas.

Uma das dificuldades do ciclo de tempo de escoamento assenta na definição real de ciclo de fabrico. Por outro lado, logo que este está satisfatoriamente estabelecido, verifica-se a necessidade de um critério preciso para a distinção dos tempos operativos aos tempos de espera. Para este efeito é imprescindível a realização prévia de um pormenorizado estudo do processo de fabrico.

Outra dificuldade aparece quando não estão em curso de fabricação unidades ou pequenos lotes homogêneos, mas antes, e no mesmo tempo, numerosos e diferentes lotes.

Nos tipos de fabricação por lote, ou em série, para calcular o tempo de escoamento, a expressão 2) deixa de ser aplicável, introduzindo-se então as noções de:

P = Capacidade de produção de uma seção ou da fábrica, por unidade de tempo.

Q = Quantidade média de trabalho ou material existente numa seção, ou na fábrica, em determinado instante.

e definindo-se o tempo de escoamento como a relação

$$T_1 = \frac{Q}{P} \text{ unidade de tempo (3)}$$