

TESE

948

ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ

A VELOCIDADE DO FLUXO PRODUTIVO:
ANÁLISE CONCEITUAL E
ELEMENTOS DE GESTÃO

André Luiz Rosa Rezende

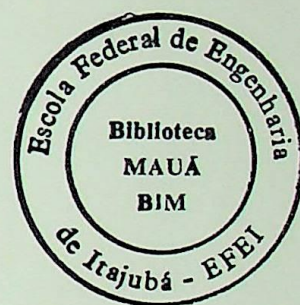
ITAJUBÁ

1997

ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBÁ
PRÓ-DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**A VELOCIDADE DO FLUXO PRODUTIVO:
ANÁLISE CONCEITUAL E
ELEMENTOS DE GESTÃO**

André Luiz Rosa Rezende



Orientador: Prof. Dagoberto Alves de Almeida, Ph.D.

Co-orientador: Prof. Edson de Oliveira Pamplona, Doutor

Dissertação apresentada à Escola Federal de Engenharia de Itajubá como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Itajubá - MG

1997

Agradecimentos

Ao Professor Dagoberto Aires de Almeida, pelo orientação fundamentada e segura e pelo incentivo nos momentos em que a vontade parecia resistir que a minha capacidade.

Ao Professor Edson de Oliveira Paes, pela orientação moral e orientação nos tópicos envolvendo custos.

Aos professores da EPUSP com os quais tive a oportunidade de estudar durante o curso de mestrado por responderem aos meus questionamentos sobre Engenharia de Produção.

A todos, meus sinceros agradecimentos.

**Dedico este trabalho à minha esposa
Carmem e aos meus filhos Vinícius e Túlio.**

Agradecimentos

Ao Professor Dagoberto Alves de Almeida, pela orientação fundamentada e segura e pelo incentivo nos momentos em que a tarefa parecia maior que a minha capacidade.

Ao Professor Edson de Oliveira Pamplona, pelo incentivo moral e orientação nos tópicos envolvendo custos.

Aos professores da EFEI com os quais tive oportunidade de estudar durante o curso de mestrado por reacender em mim o gosto pela Engenharia de Produção.

A todos, meus sinceros agradecimentos.

Resumo

Este trabalho analisa múltiplos aspectos relativos à velocidade do fluxo de produção e sua influência no desempenho industrial. Após uma revisão conceitual, são apresentadas as vantagens de um fluxo produtivo rápido, os modos de se medir a velocidade deste fluxo e parâmetros correlatos, as relações da velocidade com os sistemas de custeio e, finalmente, as técnicas disponíveis para a aceleração do fluxo de produção.

Sumário

| | |
|------------------|------|
| Declaratória | i |
| Agradecimentos | ii |
| Resumo | iii |
| Abstract | iv |
| Sumário | v |
| Lista de Figuras | viii |
| 1. Introdução | 1 |
| Abstract | 1 |

1.2. Objetivos

This work analyses multiples aspects related to the production flow speed and its influences over industrial performance. After a conceptual review, the advantages of a rapid production flow are presented. Then, many performance measurement indicators are suggested in order to give to the administrators adequate conditions to evaluate its own position in terms of production flow speed. This work also discusses the waste of consistence of the traditional costs systems to evaluate aspects related to the production flow speed. Finally, this research presents the techniques available to accelerate the production flow.

| | |
|--|----|
| 2.2.1. Taxa de produção | 7 |
| 2.2.2. Capacidade de produção | 7 |
| 2.2.3. Eficiência e utilização | 8 |
| 2.2.4. Recurso pagado | 8 |
| 2.2.5. Tempo de atravessamento | 8 |
| 2.2.6. Velocidade do fluxo produtivo | 9 |
| 2.2.7. Estoque em pontos críticos | 11 |
| 2.3. Componentes do tempo de atravessamento | 13 |
| 2.4. Representações simbólicas de um sistema produtivo | 15 |

Sumário

| | |
|--|----------|
| Dedicatória | i |
| Agradecimentos | ii |
| Resumo | iii |
| Abstract | iv |
| Sumário | v |
| Lista de Figuras | viii |
| 1. Introdução | 1 |
| 1.1. Justificativa do tema | 1 |
| 1.2. Objetivos | 2 |
| 1.3. Alcances e limitações | 2 |
| 1.4. Estrutura da dissertação | 4 |
| 2. Conceitos ligados ao tema | 6 |
| 2.1. Introdução | 6 |
| 2.2. Conceitos de interesse | 7 |
| 2.2.1. Taxa de produção | 7 |
| 2.2.2. Capacidade de produção | 7 |
| 2.2.3. Eficiência e utilização | 8 |
| 2.2.4. Recurso gargalo | 9 |
| 2.2.5. Tempo de atravessamento | 9 |
| 2.2.6. Velocidade do fluxo produtivo | 9 |
| 2.2.7. Estoque em processamento | 11 |
| 2.3. Componentes do tempo de atravessamento | 11 |
| 2.4. Representações simbólicas de um sistema produtivo | 15 |

| | |
|--|----|
| 3. As vantagens da velocidade | 20 |
| 3.1. Introdução | 20 |
| 3.2. A velocidade aumenta a flexibilidade dos planos | 21 |
| 3.3. A velocidade reduz o estoque em processo | 24 |
| 3.4. A velocidade contribui para a satisfação dos clientes | 25 |
| 3.5. A velocidade expõe problemas | 25 |
| 3.6. A velocidade reduz custos indiretos | 26 |
| 3.7. A velocidade reduz a atividade especulativa | 26 |
| 3.9. Conclusão | 27 |
| 4. Medidas de desempenho e itens de controle ligados ao tempo | 29 |
| 4.1. Introdução | 29 |
| 4.2. Tempo médio de atravessamento - TMA | 30 |
| 4.3. Eficiência de fluxo - EF | 32 |
| 4.4. Tempo do ciclo de produção e abastecimento (TCPA) | 34 |
| 4.5. Atraso médio das entregas - AME | 37 |
| 4.6. Tempo médio de atendimento a clientes - TMAC | 40 |
| 4.7. Índice de operações em base firme - IOBF | 42 |
| 4.8. Giro anual dos estoques - GAE | 44 |
| 4.9. Cobertura de estoques - CE | 45 |
| 4.10. Matriz de localização de problemas | 47 |
| 4.11. Conclusão | 49 |
| 5. Os sistemas de custeio e a velocidade do fluxo de produção | 50 |
| 5.1. Introdução | 50 |
| 5.2. Como os custos são afetados pela velocidade do fluxo | 50 |
| 5.3. Os sistemas de custeio | 51 |
| 5.4. Análise de valor dos processos | 53 |

| | |
|---|------------|
| 5.5. A visão da teoria das restrições | 56 |
| 5.6. Conclusão | 56 |
| 6. Gestão da manufatura para um fluxo rápido | 58 |
| 6.1. Introdução | 58 |
| 6.2. Ação sobre o tempo de operação individual | 60 |
| 6.3. Controle orientado para a carga | 65 |
| 6.4. O sistema de emissão de ordens, a tecnologia de grupo, o arranjo físico e o tempo de atravessamento | 76 |
| 6.5. A síndrome do tempo de entrega | 78 |
| 6.6. Quebra de lotes | 80 |
| 6.7. Sobreposição de operações | 80 |
| 6.8. Controle sobre os gargalos - produção sincronizada | 81 |
| 6.9. Alerta em relação à política do lote econômico | 84 |
| 6.10. Recomendações de caráter geral | 86 |
| 7. O caso da linha de montagem | 89 |
| 7.1. Introdução | 89 |
| 7.2. O caso da linha de montagem de veículos | 89 |
| 7.3. Conclusão | 99 |
| 8. Conclusão | 100 |
| 8.1. Síntese dos Resultados | 100 |
| 8.2. Recomendações para futuros desenvolvimentos | 101 |
| 8.3. Considerações Finais | 102 |
| Referências bibliográficas | 104 |

| Lista de Figuras | | Página |
|-------------------------|---|---------------|
| <i>Figura 2.1</i> | <i>Esquema visual do tempo de atravessamento</i> | 12 |
| <i>Figura 2.2</i> | <i>Esquema visual do tempo de atravessamento com explosão do tempo de operação</i> | 13 |
| <i>Figura 2.3</i> | <i>Decomposição do tempo total de operação</i> | 14 |
| <i>Figura 2.4</i> | <i>Representação da produção como um tanque</i> | 16 |
| <i>Figura 2.5</i> | <i>Representação da produção como um tubo</i> | 17 |
| <i>Figura 2.6</i> | <i>Representação da produção como um funil</i> | 18 |
| <i>Figura 2.7</i> | <i>Modelo do funil com questão da priorização de ordens incorporada</i> | 19 |
| <i>Figura 3.1</i> | <i>Plano de produção com as datas críticas explicitadas</i> | 22 |
| <i>Figura 3.2</i> | <i>Plano de produção com redução nos tempos de obtenção de comprados e redução nos tempos de fabricação, com as datas críticas explicitadas</i> | 24 |
| <i>Figura 3.3</i> | <i>Discriminação operação em base firme / especulativa</i> | 26 |
| <i>Figura 3.4</i> | <i>Benefícios de um fluxo de produção rápido</i> | 28 |
| <i>Figura 4.1</i> | <i>Estrutura de produto</i> | 35 |
| <i>Figura 4.2</i> | <i>Rede de atividades</i> | 36 |
| <i>Figura 4.3</i> | <i>Matriz de localização de problemas</i> | 48 |
| <i>Figura 5.1</i> | <i>Seqüência de atividades VA e NVA</i> | 54 |
| <i>Figura 6.1</i> | <i>Tempo de montagem de conjunto - situação 1</i> | 63 |
| <i>Figura 6.2</i> | <i>Tempo de montagem de conjunto - situação 2</i> | 63 |
| <i>Figura 6.3</i> | <i>Tempo de montagem de conjunto - situação 3</i> | 64 |
| <i>Figura 6.4</i> | <i>Gráfico carga de trabalho X tempo</i> | 67 |
| <i>Figura 6.5</i> | <i>Gráfico de carga - exemplo prático</i> | 69 |
| <i>Figura 6.6</i> | <i>Lead time geral de ordens completadas</i> | 70 |
| <i>Figura 6.7</i> | <i>Controle orientado para a carga</i> | 72 |
| <i>Figura 6.8</i> | <i>Controle de entrada das ordens no processo</i> | 73 |
| <i>Figura 6.9</i> | <i>Circulo vicioso do aumento do lead time</i> | 79 |
| <i>Figura 6.10</i> | <i>Ciclo de redução do lead time</i> | 79 |
| <i>Figura 6.11</i> | <i>Quebra de lotes</i> | 80 |
| <i>Figura 6.12</i> | <i>Sobreposição de operações</i> | 81 |
| <i>Figura 6.13</i> | <i>Conjugação das curvas para explicitação do lote econômico</i> | 84 |

| | | |
|--------------------|--|----|
| <i>Figura 6.14</i> | <i>Seqüência de processos</i> | 85 |
| <i>Figura 6.15</i> | <i>A obtenção de um fluxo de produção rápido</i> | 88 |
| <i>Figura 7.1</i> | <i>Linha de produção - 2 veículos / dia</i> | 90 |
| <i>Figura 7.2</i> | <i>Linha de produção - 1 veículo / dia (I)</i> | 91 |
| <i>Figura 7.3</i> | <i>Linha de produção - 1 veículo / dia (II)</i> | 93 |
| <i>Figura 7.4</i> | <i>Linha de produção real</i> | 97 |

INTRODUÇÃO

1.1. Justificativa do Tema

A escolha do tema é um dos componentes críticos para que uma dissertação de mestrado atenda os objetivos de demonstrar o domínio do tratamento sobre um área de especialização e, ao mesmo tempo, proporcionar a aquisição de um conhecimento, como fruto do trabalho de pesquisa desenvolvida. O tema escolhido "A Velocidade do Fluxo Produtivo" se mostrou favorável à realização de um trabalho de pesquisa adequado dentro do campo de Engenharia de Produção, visto que abrange a abordagem de múltiplos aspectos envolvidos na manufatura.

A velocidade é reconhecida por Slack (1993) como - ao lado da qualidade, da flexibilidade, da confiabilidade e do custo - uma ferramenta para a obtenção de vantagens competitivas através da manufatura. Elmaghrabi (1993), por sua vez, justifica que, na indústria, todos os benefícios serão proporcionais à velocidade do fluxo de materiais e informações. Outros autores como Bozhe (1983), Bartholme (1983), Blackstone (1989) e Goldratt (1978, 1991, 1992) abordam o assunto como inscrito em um arsenal de ferramentas e técnicas para se obter excelência em manufatura. Já Slack (1983) aborda a questão de maneira mais ampla, considerando os diversos aspectos envolvidos na manufatura.

Convencido da importância do tema, o autor não localiza, na literatura, um trabalho que aborde o tema de forma mais abrangente, portanto, optou por desenvolver uma dissertação

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1. Justificativa do Tema

A seleção do tema é um dos componentes críticos para que uma dissertação de mestrado atenda os objetivos de demonstrar o domínio do mestrando sobre sua área de especialização e, ao mesmo tempo, propiciar a ampliação de seu conhecimento, como fruto do trabalho de pesquisa desenvolvido. O tema escolhido - "A Velocidade do Fluxo Produtivo" - se mostrou favorável à realização de um trabalho de pesquisa adequado dentro do campo da Engenharia de Produção, visto que obrigou a abordagem de múltiplos aspectos envolvidos na manufatura.

A velocidade é reconhecida por **Slack** (1993) como - ao lado da qualidade, da flexibilidade, da confiabilidade e do custo - uma ferramenta para a obtenção de vantagem competitiva através da manufatura. **Plossl** (1993), por sua vez, pontifica que, na indústria, todos os benefícios serão proporcionais à velocidade do fluxo de materiais e informações. Diversos outros autores como **Betche** (1988), **Burbidge** (1983) **Blackstone** (1989) e **Goldratt** (1986, 1990, 1992) abordam o assunto como inserido em um arsenal de ferramentas e ações para se obter excelência em manufatura. Já **Stalk** (1988) aborda a questão de maneira mais ampla, considerando os diversos tempos envolvidos na manufatura.

Convencido da importância do tema, o autor não localizou, na literatura, um trabalho que agrupasse e desse corpo único aos aspectos envolvidos no gerenciamento desse item de

desempenho. Também, a experiência pessoal do autor no dia a dia da manufatura mostrou o quanto desprezado é este assunto e as enormes perdas resultantes deste desprezo.

Como se verá no desenvolvimento da dissertação, atuar sobre o tempo de produção envolve múltiplos aspectos da função manufatura, de forma que, ao se buscar excelência em termos de velocidade de produção, os benefícios paralelos, que são as condições para se obter um fluxo rápido, serão marcadamente significativos.

Além de apresentar a visão de estudiosos consagrados, o autor, sempre que julgou conveniente, incluiu suas próprias contribuições.

1.2. Objetivos

O primeiro objetivo deste trabalho é ampliar a compreensão sobre a velocidade do fluxo de produção e sua relação com parâmetros tais como taxa de produção, estoque em processo, produtividade, qualidade, custos, competitividade, capital de giro, lucratividade e satisfação do cliente. Tal objetivo permeia todos os capítulos da dissertação.

O segundo objetivo é discutir algumas das técnicas disponíveis na literatura para gestão da velocidade do fluxo de produção, envolvendo, de um lado, o controle através da utilização de índices de desempenho e, de outro, os modos de ação sobre a velocidade.

1.3. Alcances e Limitações

Como afirma Plossl (1993), *“O tempo é o único recurso igualmente disponível para todo mundo, mas impossível de recuperar ou armazenar. Tempo perdido é a maior perda”*. Existem vários tempos envolvidos em um sistema produtivo: tempo de desenvolvimento de produtos; tempo de ciclo de vida de um produto; tempos de aquisição de matérias primas; horas-máquina e horas-homem aplicadas em um produto; tempos de preparação de máquinas; tempos de espera em filas; tempo de atendimento ao cliente; tempo de atravessamento dos produtos na fábrica, entre outros. Este trabalho se atém ao tempo decorrido entre a liberação de uma ordem para a fábrica e a finalização da produção, com a entrega para o cliente ou a estocagem do produto acabado. Este intervalo de tempo é usualmente conhecido como *lead*

time de manufatura. A expressão equivalente “Tempo de Atravessamento”, embora não usual na literatura, será a de escolha preferencial neste trabalho em virtude de dar uma noção dinâmica, associada à questão da velocidade.

Para estudar o assunto, recorreu-se a diversos autores que de uma forma ou de outra discutiram sobre o tema, inserindo-o na questão do desempenho industrial. Como principais fontes de pesquisa pode-se citar os escritos de Nigel Slack, George Plossl, Wolfgang Bechte, John Blackstone, John Burbidge e Eliyahu Goldratt, cujas obras utilizadas são citadas na bibliografia.

A maior dificuldade organizacional em se conseguir um fluxo rápido de produção está em processos tipo *job shop*, normalmente em arranjos físicos do tipo funcional, com a produção sendo feita em lotes. Ocorre que este tipo de produção representa 60 a 80 por cento da atividade manufatureira mundial (Huang, 1985). A focalização sobre a velocidade do fluxo produtivo pode, no entanto, ser de grande valia em qualquer tipo de organização de processo, como se verá no desenvolvimento do trabalho.

Cabe, neste momento, uma observação importante: a qualidade, em suas múltiplas dimensões, se constitui em um quesito indispensável para a competitividade industrial e uma pré-condição indispensável para um fluxo rápido, visto que a ausência de qualidade de manufatura obriga a retrabalhos, majora o tempo gasto no processo de inspeção e, portanto, retarda o fluxo de produção.

Este trabalho pretende, principalmente, uma abordagem conceitual do tema, não fazendo uso de técnicas estatísticas, técnicas de “*scheduling*” e programação finita, tampouco tratamentos matemáticos mais sofisticados, simulações e outros recursos de pesquisa operacional aplicáveis em programação de produção

Como qualquer outro trabalho que busque juntar elementos da realidade organizacional para fornecer subsídios às decisões administrativas, este estudo também é uma simplificação, um conjunto de modelagens que agrupa os componentes essenciais envolvidos nos processos em análise visando tornar compreensíveis processos que se apresentam aparentemente caóticos na realidade empresarial.

O que se espera, principalmente, é dar ao leitor interessado e envolvido nos processos de tomada de decisão em sistemas produtivos, melhores condições de entendimento dos inter-relacionamentos em estudo, de modo que este entendimento leve a decisões operacionais mais consistentes e produtivas.

1.4. Estrutura da Dissertação

A dissertação foi estruturada da seguinte forma :

- Capítulo 1 **“Introdução”** - Neste capítulo apresenta-se a justificativa pela seleção do tema, os objetivos pretendidos e a estrutura do trabalho, de forma a oferecer ao leitor um painel global sobre o conteúdo da dissertação.
- Capítulo 2 **“Conceitos ligados ao tema”** - Revisão dos conceitos que servem de base para o desenvolvimento da dissertação, com a finalidade de estabelecer um vocabulário que evite desentendimentos em razão de diferentes interpretações de uma mesma expressão. Simultaneamente, este capítulo visa fornecer uma base conceitual que facilite a compreensão dos tópicos abordados no desenvolvimento da dissertação.
- Capítulo 3 **“As vantagens da velocidade”** - Neste capítulo apresenta-se as principais razões pelas quais se torna importante trabalhar sobre o tema. Por que é importante o esforço no sentido de acelerar o fluxo de produção ? Quais são os benefícios em termos financeiros, em termos de atendimento ao cliente, em termos de flexibilidade e de organização da produção ? Estas são as perguntas que se procura responder nessa parte da dissertação.
- Capítulo 4 **“Medidas de desempenho e itens de controle ligados ao tempo”** - O primeiro passo para o gerenciamento da velocidade é estabelecer os possíveis modos de medi-la na prática da manufatura. Este capítulo apresenta diversos índices aplicáveis para se avaliar o desempenho no que diz respeito à velocidade de produção.
- Capítulo 5 **“Os sistemas de custeio e a velocidade do fluxo de produção”** - Este capítulo o autor trata de inadequação dos sistemas tradicionais de custeio para refletir os benefícios da velocidade, apresenta o custeio ABC como uma alternativa que incorpora os dados referentes aos tempos de atravessamento e retrata a visão da Teoria das Restrições sobre o assunto.

- Capítulo 6 **“Gestão da manufatura para um fluxo rápido”** - Apresentação das técnicas disponíveis para o gerenciamento da velocidade do fluxo de produção. Sobreposição e quebra de lotes, controle de produção orientado para a carga, os sistemas de emissão de ordens, tecnologia de grupo e Teoria das Restrições são alguns dos tópicos abordados no capítulo.
- Capítulo 7 **“O caso da linha de montagem de veículos”** - Através de um caso prático, exemplifica-se aspectos relativos à relação entre a velocidade do fluxo de produção, a taxa de produção, o estoque em processo e o tempo de atravessamento, além de ilustrar de que forma o desconhecimento sobre as relações mencionadas pode levar a decisões gerenciais equivocadas, embora aparentemente lógicas e de bom senso.
- Capítulo 8 **“Conclusão”** - Síntese dos resultados alcançados no desenvolvimento do trabalho, reflexões finais sobre o tema, avaliação sobre a realização dos objetivos apresentados nesta introdução e propostas de desenvolvimento futuro.

Para maior clareza e em benefício da compreensão, optou-se por incluir, em cada capítulo, uma introdução e as conclusões parciais referentes àquela parte do trabalho. Desta forma, cada capítulo pode ser tomado como uma contribuição em si, ao mesmo tempo em que as introduções e conclusões parciais agem como elos que encadeiam o desenvolvimento do trabalho como um todo.

CAPÍTULO 2

CONCEITOS LIGADOS AO TEMA

2.1. Introdução

Considera-se oportuno registrar logo no início do trabalho o sentido dado a algumas expressões utilizadas ao longo da exposição. Não se pretende de forma alguma contestar as definições adotadas por outros autores, mas tão somente evitar desentendimentos provocados por interpretações de termos e expressões diferente das pretendidas.

Serão revistos também neste capítulo alguns aspectos sobre os componentes do tempo de produção, em particular do tempo de operação propriamente dito, assim como uma primeira análise sobre a natureza das filas.

Em concordância com um recurso pedagógico utilizado por autores como **Blackstone** (1989) e **Bechte** (1988) será apresentada uma analogia dos sistemas produtivos com sistemas hidráulicos, recurso que auxiliará a compreensão de alguns aspectos do tema, visto que a produção pode ser tomada como um fluxo, com a vazão de saída representando a produção obtida, a quantidade de líquido na seção ou no recipiente considerado representando o estoque em processo e a vazão de entrada, as ordens liberadas.

2.2. Conceitos de interesse

2.2.1. Taxa de produção

A taxa de produção é a razão entre a quantidade produzida e o tempo decorrido para obtenção desta produção em um dado sistema produtivo. É o mesmo que produção por unidade de tempo - por exemplo, 15 toneladas por dia, 100 peças por minuto, etc. Pode também ser expressa em termos da somatória dos tempos padrão (previstos, em termos de horas aplicadas, excetuando-se as horas de espera) de cada produto multiplicados por unidades produzidas, dividido pelo tempo corrido. No tópico seguinte este conceito será melhor explorado.

2.2.2. Capacidade de produção

De acordo com o dicionário da **APICS (1987) (American Production & Inventory Control Society)**, é “a taxa máxima de saída sustentável que pode ser obtida com as atuais especificações de produto, *mix* de produção, força de trabalho, instalações e equipamento”. Pode-se dizer que é a taxa máxima de produção a que uma planta industrial pode chegar com os recursos atuais, definida pelo recurso gargalo, isto é, pelo recurso que oferece a menor taxa de produção de produção do sistema (**Goldratt, 1991**). Pode ser expressa em termos da mesma unidade de medida que a taxa de produção. No caso de uma planta com gama variada de produtos a produção pode ser totalizada em termos do tempo padrão para a fabricação de cada unidade de saída.

Para compreender melhor, imagine-se uma fábrica que, trabalhando no limite de seu recurso gargalo, produza, em um mês de 220 horas, 2500 unidades do produto A, cujo tempo padrão é de 18 horas e 3500 unidades do produto B, cujo tempo padrão é de 13 horas. Pode-se calcular a capacidade desta fábrica da seguinte forma :

$$\text{Capacidade} = \frac{2500 \times 18 + 3500 \times 13}{220} = 411,36 \frac{\text{horas - padrão}}{\text{hora}} \quad \text{ou,}$$

$$\text{Capacidade} = 90.500 \frac{\text{horas - padrão}}{\text{mês}}$$

Observa-se que nesta definição de capacidade de produção não se totaliza o número de horas disponíveis em cada máquina ou centro de trabalho. Utilizar tempo padrão é maneira de se considerar a capacidade em termos agregados. Somar simplesmente as horas-homem ou horas-máquina disponíveis para obter capacidade de produção só é aplicável normalmente para empresas que trabalhem em prestação de serviços ou venda de horas de máquina, como algumas empresas de usinagem, por exemplo.

2.2.3. Eficiência e Utilização

Segundo as definições do **APICS Dictionary**, eficiência é “a medida de quão próximo se chega aos padrões pré-estabelecidos” e utilização (ou rendimento, segundo Rosa, 1996) é a “medida de quão intensivamente um recurso está sendo utilizado”.

Blackstone (1989) estabelece a diferenciação dos conceitos de capacidade calculada e capacidade medida. A capacidade medida é obtida através de registros históricos. Capacidade calculada é resultado da multiplicação do tempo disponível pela eficiência e pela utilização:

$$\text{Capacidade} = \text{Tempo Disponível} \times \text{Eficiência} \times \text{Utilização} \quad [2.1]$$

Sem dúvida, eficiência e utilização afetam decisivamente o volume de saída final do sistema. No entender deste trabalho, entretanto, a definição de capacidade calculada peca por não considerar pontos essenciais:

- ignora os gargalos como sendo os reais determinantes do volume máximo de produção possível de se obter de um sistema e;
- não observa o fato de que a eficiência, assim como a utilização, só podem ser apuradas a posteriori, depois de observados os fatos;
- um fator de utilização menor pode significar inclusive falta de pedidos, e isto realmente não afeta capacidade que, na definição da **APICS** representa um potencial, uma taxa máxima.

2.2.4. Recurso gargalo

Recurso gargalo é aquele que limita e define a capacidade de produção. O recurso que oferece a menor taxa de produção em uma determinada seqüência de processos - normalmente representado por uma máquina de alto custo. O recurso gargalo, de acordo com o enfoque da Teoria das Restrições, deve ser mantido em pleno funcionamento, visto que um dos princípios da produção sincronizada estabelece que “Uma hora perdida em um recurso gargalo é uma hora perdida para todo o sistema” - no capítulo 6 esta questão será abordada em detalhes. Almeida (1993) discorre sobre a transitoriedade e mutabilidade dos recursos gargalo e fornece elementos para a identificação e gerenciamento dos mesmos. Logicamente, quando se extrapola as considerações para uma análise mais ampla, as restrições podem ser muitas vezes encontradas fora do sistema produtivo, como no caso em que a produção é limitada pela capacidade comercial, financeira ou gerencial.

2.2.5. Tempo de atravessamento

O tempo de atravessamento é o tempo decorrido entre a entrada dos materiais como matéria prima e sua saída como produto acabado. Equivalente ao conceito de Lead Time de Manufatura, conforme estabelecido pelo **APICS Dictionary**, excluído o tempo de preparação da ordem (tempo utilizado na emissão de documentos). Inclui tempo em filas, tempos de preparação (*setup*), tempos de operação, movimentação e inspeção. Também pode ser definido para uma fase do processo produtivo. Como foi colocado nas notas introdutórias, este trabalho defende a idéia de que a expressão “tempo de atravessamento” (aproximadamente equivalente a “*throughput time*, em inglês), embora não usual na literatura em nosso idioma, reflete melhor a postura gerencial preconizada por este trabalho. No tópico 2.3 a composição do tempo de atravessamento é estudada em detalhes.

2.2.6. Velocidade do fluxo produtivo

Velocidade do fluxo produtivo, ou simplesmente velocidade de produção, é um conceito inversamente proporcional ao tempo de atravessamento, não devendo ser

confundido com a taxa de produção. Aumentar a velocidade do fluxo de produção resulta em diminuir o tempo de atravessamento.

Como tentativa de tornar mais objetivo o conceito, imagine-se um produto com determinado tempo padrão de produção. Naturalmente quanto mais rapidamente estas horas forem aplicadas sobre a matéria prima, mais cedo ela sairá do processo, como produto acabado. Velocidade de produção seria então diretamente relacionada ao índice adimensional apresentado a seguir :

$$\frac{\text{Numero de horas aplicadas}}{\text{Horas corridas}} [2.2]$$

Esta associação não é totalmente satisfatória porque o tempo efetivamente aplicado pode diferir do tempo padrão, ocasionando distorções. Também, a redução do tempo padrão pela melhoria de processos, apesar de refletir em menor tempo de atravessamento, não se refletiria no índice acima. A razão entre horas aplicadas e horas corridas será novamente abordada no capítulo 4 com a denominação de eficiência de fluxo.

Uma maneira de quantificar a velocidade, com base ainda no tempo padrão seria considerar a percentagem do trabalho realizado sobre a matéria prima, considerando-se ainda como base os tempos padrão de cada operação do processo. Na prática, o valor numérico pode ser apurado a partir do tempo de atravessamento, conforme exemplo a seguir:

Imagine-se determinado produto cujo tempo padrão de produção seja de 12 horas, em diversos processos diferentes. O tempo de atravessamento medido é de 24 dias úteis. Neste caso, tem-se 100% da produção em 24 dias. O cálculo fica, portanto :

$$\text{Velocidade do fluxo de produção} = \frac{100\%}{24 \text{ dias}} = 4,17 \frac{\%}{\text{dia}}$$

A velocidade de produção, calculada desta maneira, é afetada por todos os componentes do tempo de atravessamento, na verdade não acrescentando informações novas. A fórmula geral seria :

$$\text{Velocidade do fluxo de produção} = \frac{100\%}{\text{Tempo de atravessamento}}, \text{ em termos percentuais}$$

ou,

$$\text{Velocidade do fluxo de produção} = \frac{1}{\text{Tempo de atravessamento}}, \text{ em termos absolutos.}$$

Quando se considera um *mix* de produção com diferentes tempos para cada produto, o tempo de atravessamento, muitas vezes não pode ser obtido em medições diretas. No capítulo 4 propõe-se um modo de obter o tempo de atravessamento em termos médios, através do estoque em processamento e da taxa de produção.

2.2.7. Estoque em processamento

Estoque em processamento é soma dos materiais que estão em alguma fase do processo produtivo - sendo trabalhados, retrabalhados, inspecionados, movimentados, aguardando em filas ou aguardando o fechamento de lotes de transferência para a fase seguinte do processo. “Estoque em processamento” talvez não seja a melhor expressão para refletir a real situação do inventário em uma fábrica, dependendo do tipo de organização do processo - na verdade, em plantas tipo *job shop*, a porcentagem do tempo em que determinado lote ou peça está sendo efetivamente processado é uma parcela pequena do tempo total entre sua entrada na fábrica como matéria prima e sua saída como produto acabado. No capítulo 4, tópico 4.3 esta questão é melhor explorada. Dada uma taxa de produção quanto maior for o estoque em processamento, maior será o tempo de atravessamento ou, colocando de outra forma, quanto mais lento for o fluxo de produção, maior será o estoque em processamento.

2.3. Componentes do Tempo de Atravessamento

Um determinado material que faça parte do estoque em processamento em uma fábrica pode se encontrar nas seguintes situações:

- Pode estar em efetivo processamento, sendo transformado ou agregado a um conjunto;
- Pode estar sendo transportado entre um posto de trabalho e outro;
- Pode estar aguardando a preparação de uma máquina para processamento;

- Pode estar aguardando em uma fila o momento de ser processado;
- Pode ser parte de um lote já processado, aguardando transporte para o posto seguinte;
- Pode estar sofrendo inspeção de qualidade;
- Pode ser componente de um lote, aguardando a formação de um lote de transferência para o posto seguinte.

Logicamente, se as situações possíveis de um material “em processamento” são estas, o tempo total de atravessamento do mesmo material será composto de parcelas que estarão enquadradas em uma das mesmas situações.

A seguir apresenta-se um esquema visual adaptado de **Blackstone** (1989), também encontrado em **Grauf** (1989), mostrando a seqüência temporal para um determinado lote de produção:

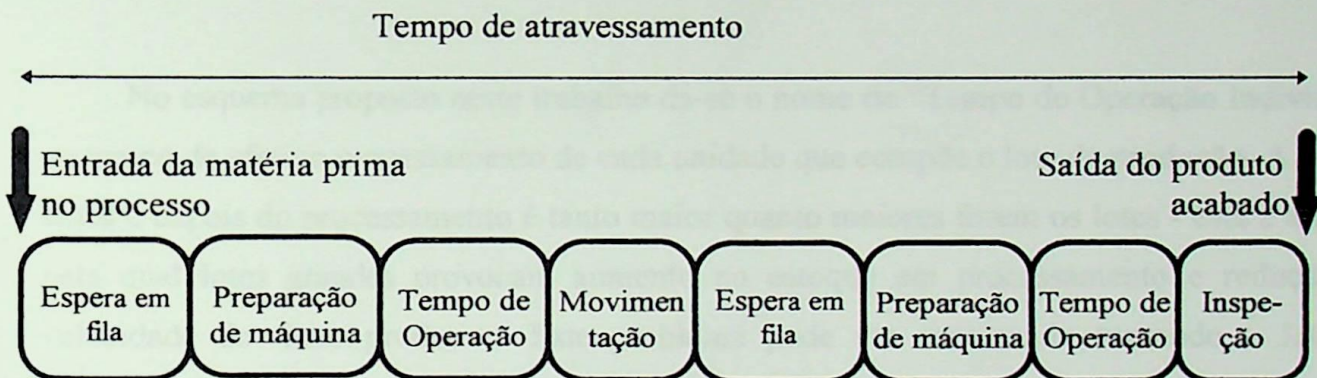


Figura 2.1 - Esquema visual do tempo de atravessamento

Como foi dito, a figura 2.1 representa a sequenciação para um lote de produção. Descendo a um nível mais detalhado, pode-se verificar agora o que ocorre a cada unidade que compõe o lote de produção na parcela correspondente ao tempo de operação.

Durante o período chamado “Tempo de Operação” para o lote como um conjunto, se for observado o que ocorre com um componente “A” particular do lote, será identificado um tempo de espera enquanto outros componentes são processados antes de “A” e outro tempo de espera após o processamento de “A”, no qual são processados os componentes para completar o lote após “A”. Só então o lote se move para o posto seguinte. A situação pode ser examinada através da figura 2.2.

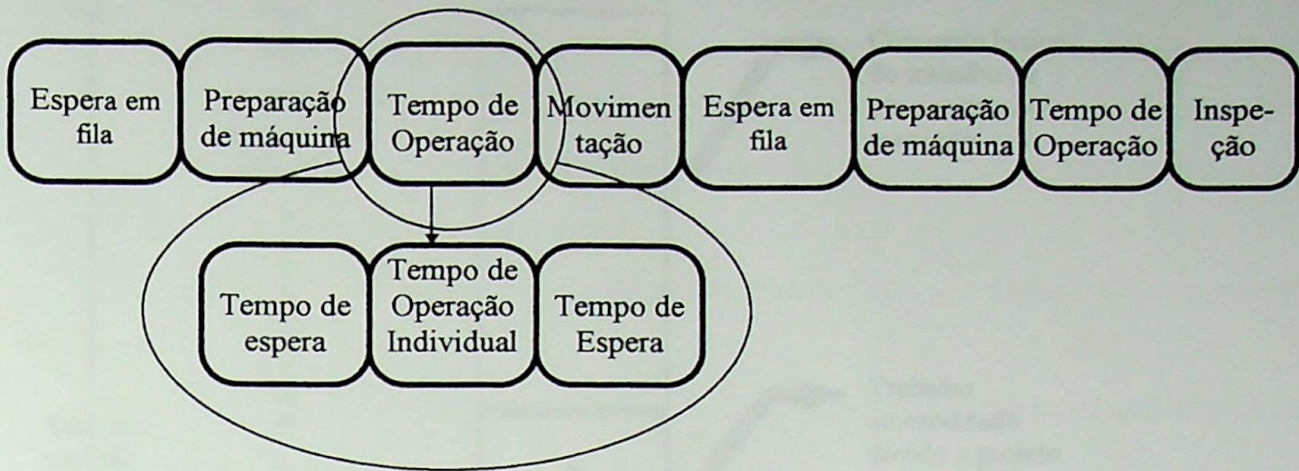


Figura 2.2 - Esquema visual do tempo de atravessamento com explosão do tempo de operação

No esquema proposto neste trabalho dá-se o nome de “Tempo de Operação Individual” ao tempo de efetivo processamento de cada unidade que compõe o lote de produção. A espera antes e depois do processamento é tanto maior quanto maiores forem os lotes - esta é a razão pela qual lotes grandes provocam aumento no estoque em processamento e redução na velocidade do fluxo produtivo. Este problema pode ser contornado tornando o lote de transferência para o posto seguinte menor que o lote de produção (*overlapping*) ou dividindo os lotes em parcelas (*splitting*), o que pode eventualmente resultar em perdas de produtividade em razão de incrementos nos tempos de preparação, mas comumente auxilia na redução do tempo de processamento do lote (Almeida, 1992). Este assunto será abordado com mais detalhes no capítulo 6.

Também o Tempo de Operação Individual pode ser decomposto em parcelas, conforme classificação apresentada por Kanawaty (1992). Segundo tal classificação, o “conteúdo básico do trabalho é tempo mínimo teoricamente necessário para produzir uma unidade de saída”.

Esta condição ideal não ocorre na prática sendo aproximada algumas vezes em linhas de produção e indústrias de processo. Normalmente ao conteúdo básico do trabalho é acrescentada uma grande quantidade de tempo ineficaz (conforme a figura 2.3), que é composta das seguintes parcelas*:

* Incluem-se nesta lista parcelas de tempo que, na verdade, não fazem parte do tempo de operação propriamente dito - mantivemos a seqüência apresentada por Kanawaty por considerar de grande valor para a compreensão da questão como um todo.

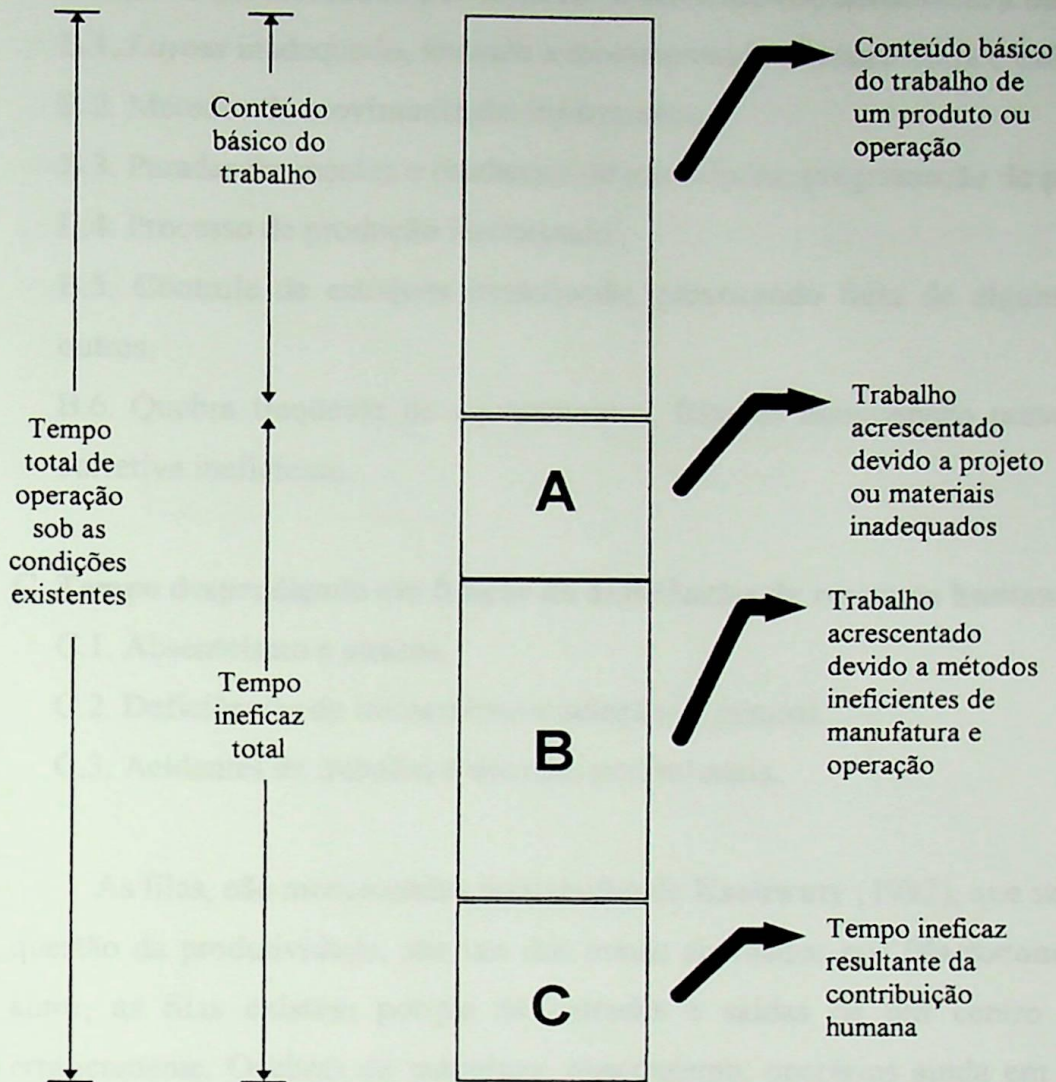


Figura 2.3 - Decomposição do tempo total de operação

A. Trabalho acrescentado por projeto, especificações ou materiais inadequados:

A.1. Falta de padronização, modificações frequentes de projeto, variedade excessiva de produtos sem padronização de componentes, levando à produção de lotes pequenos e portanto à perda de tempo em preparações e ajustes.

A.2. Perda de materiais, usualmente causada por especificações inadequadas de matéria prima, levando à retirada excessiva de material para se chegar ao componente ou produto desejado.

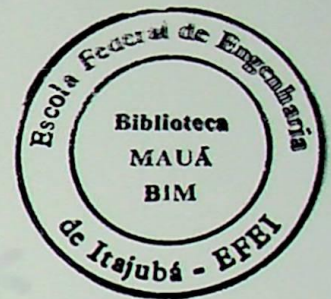
A.3. Padrões de qualidade estabelecidos incorretamente. Tolerâncias estabelecidas com rigor desnecessário levam à perda de tempo. Por outro lado, tolerâncias fixadas em valores “frouxos” pode levar a rejeição em excesso.

B. Trabalho acrescentado por métodos ineficientes de manufatura ou operação:

- B.1. *Layout* inadequado, levando a movimentação desnecessária e esforços excessivos.
- B.2. Métodos de movimentação inadequados.
- B.3. Paradas freqüentes e mudanças de prioridades, programação de produção mal feita.
- B.4. Processo de produção inadequado.
- B.5. Controle de estoques inadequado, provocando falta de alguns itens e excesso de outros.
- B.6. Quebra freqüente de equipamentos, falta de manutenção preventiva e manutenção corretiva ineficiente.

C. Tempo desperdiçado em função de deficiências de recursos humanos.

- C.1. Absenteísmo e atrasos.
- C.2. Deficiências de treinamento e seleção de pessoal.
- C.3. Acidentes de trabalho e doenças profissionais.



As filas, não mencionadas no trabalho de **Kanawaty** (1992), que se fixa basicamente na questão da produtividade, são um dos temas abordados por **Blackstone** (1989). Segundo o autor, as filas existem porque as entradas e saídas de um centro de trabalho variam erráticamente. Quebras de máquinas, absenteísmo, operários ainda em fase de aprendizado perturbam o fluxo de entrada e saída e geram filas. Ordens liberadas em excesso para a fábrica geram filas, principalmente nos recursos gargalo. Alterações de prioridades, com pedidos atravessando uma programação preestabelecida provocam a existência de material temporariamente paralisado na fábrica o que nada mais é do que uma fila. Deficiências de programação de produção provocam filas. Filas vão refletir em maior estoque em processamento e, portanto, em um fluxo produtivo mais lento.

2.4. Representações simbólicas de um sistema produtivo

A representação de um fábrica como um tanque (Figura 2.4) no qual existe um fluxo de entrada, que representa as matérias primas e um fluxo de saída, simbolizando os produtos acabados é bastante útil para a compreensão do fenômenos ligados ao estoque em processamento (**Blackstone**, 1989).

Dois importantes conceitos encontram aqui bom paralelo com a hidráulica - estoque em processamento corresponde ao volume contido no tanque e taxa de produção corresponde à vazão. Naturalmente, se o fluxo de entrada de água for maior que o de saída, o volume contido no tanque aumenta. Da mesma forma, se a quantidade de matérias primas que entra em um sistema produtivo for maior que a produção correspondente, há acúmulo de estoque em processamento.

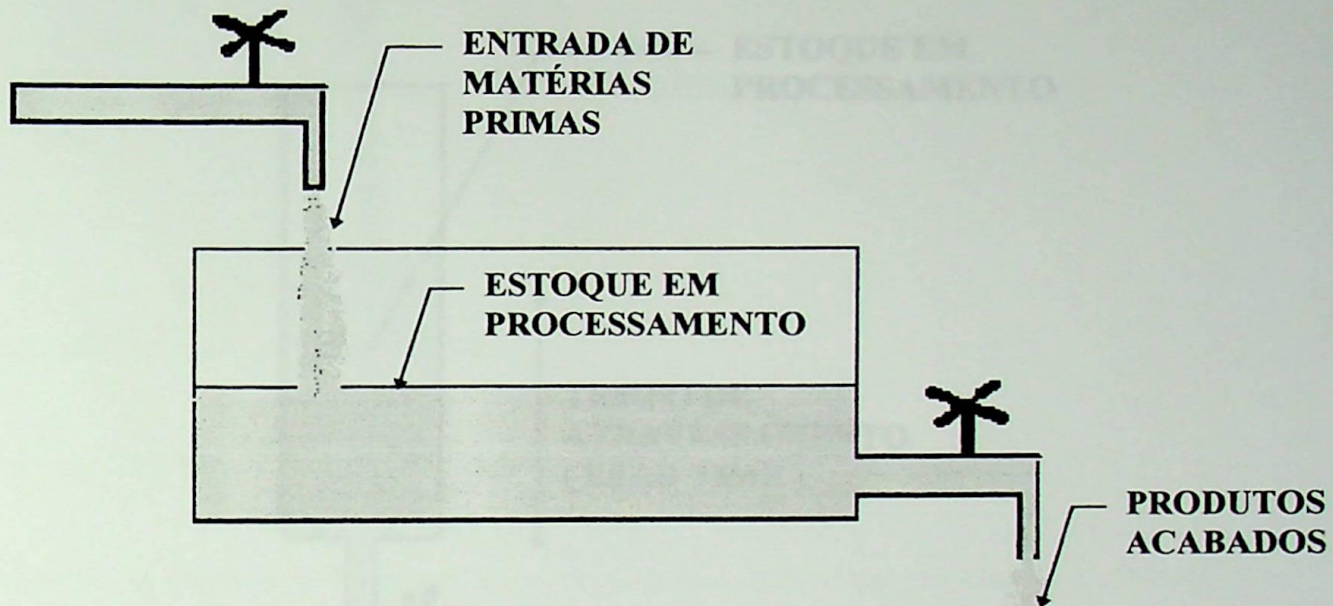


Figura 2.4 - Representação da produção como um tanque

Existe um aspecto importante, entretanto, que pelo menos à primeira vista não se reflete na metáfora do tanque - trata-se do tempo de atravessamento do fluxo produtivo. Para entender de forma mais adequada esta questão e ainda mantendo o paralelo com a hidráulica, na figura 2.5 apresenta-se um tubo na vertical, em substituição ao tanque da figura 2.4.

Supondo-se um equilíbrio entre entrada e saída de água (ou materiais) é fácil concluir que quanto menor o volume de água (ou estoque em processamento), menor o tempo entre a entrada de uma molécula (ou unidade de material) no tanque (no processo) e a sua saída (término da produção). Da mesma forma que na imagem do tanque um incremento do fluxo de entrada de matérias primas, ainda que temporário, vai gerar um aumento no estoque em processamento, caso não haja incremento na taxa de produção. O aumento no estoque em

processo será necessariamente acompanhado por um aumento no tempo de atravessamento (ou *lead time* de produção).

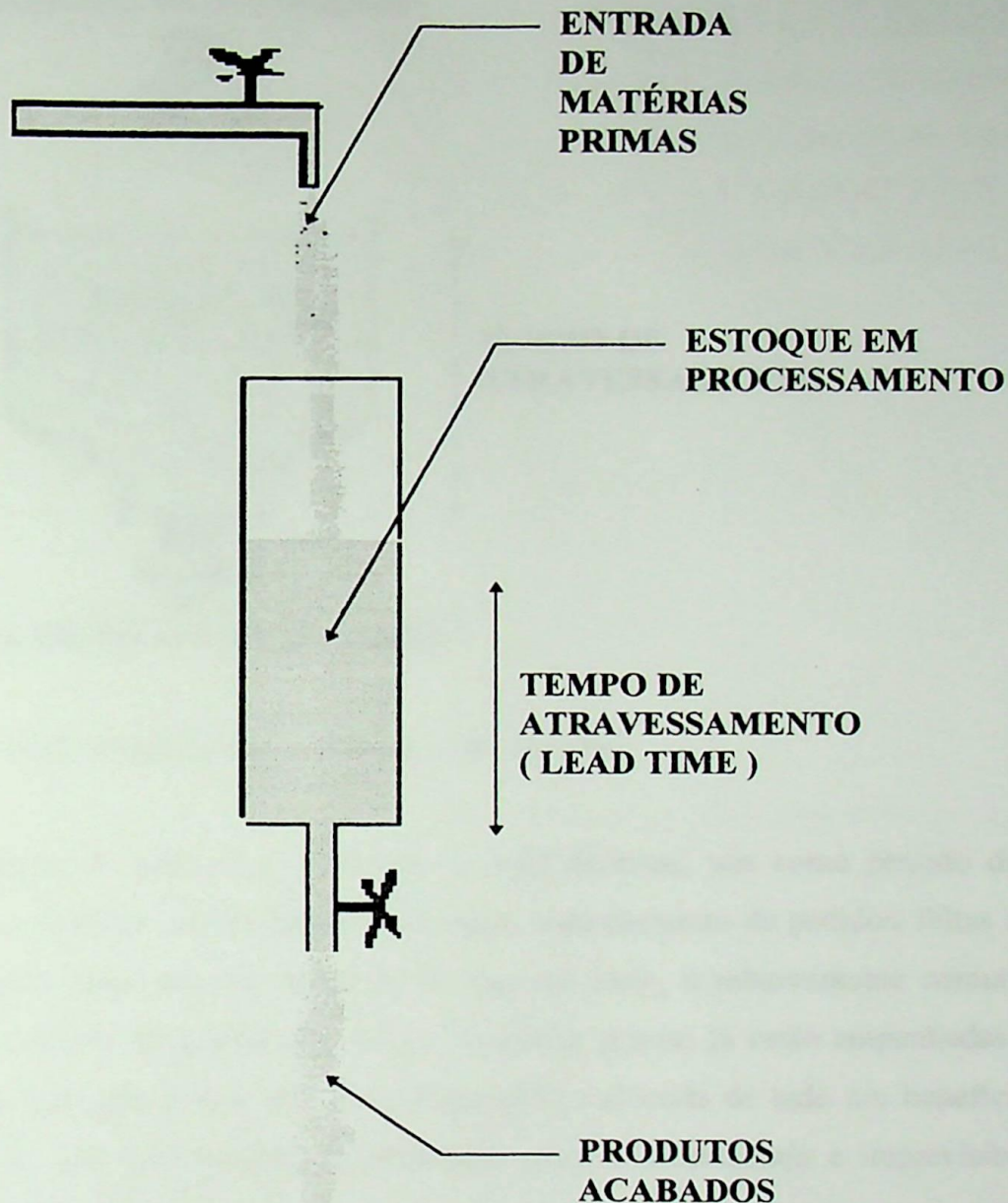


Figura 2.5 - representação da produção como um tubo

Outra imagem utilizada na literatura (Bechte, 1988) é a comparação com um funil (figura 2.6), que também traz novas luzes à questão. O funil pode representar tanto um sistema produtivo como um todo como um determinado posto de trabalho.

À primeira vista parece que comparação com um funil pouco acrescenta às anteriores. Ela permite, entretanto que se retrate um fenômeno de muita importância dentro de um sistema produtivo : a priorização das ordens - a postergação de uma ordem em benefício do atendimento de outra mais urgente.

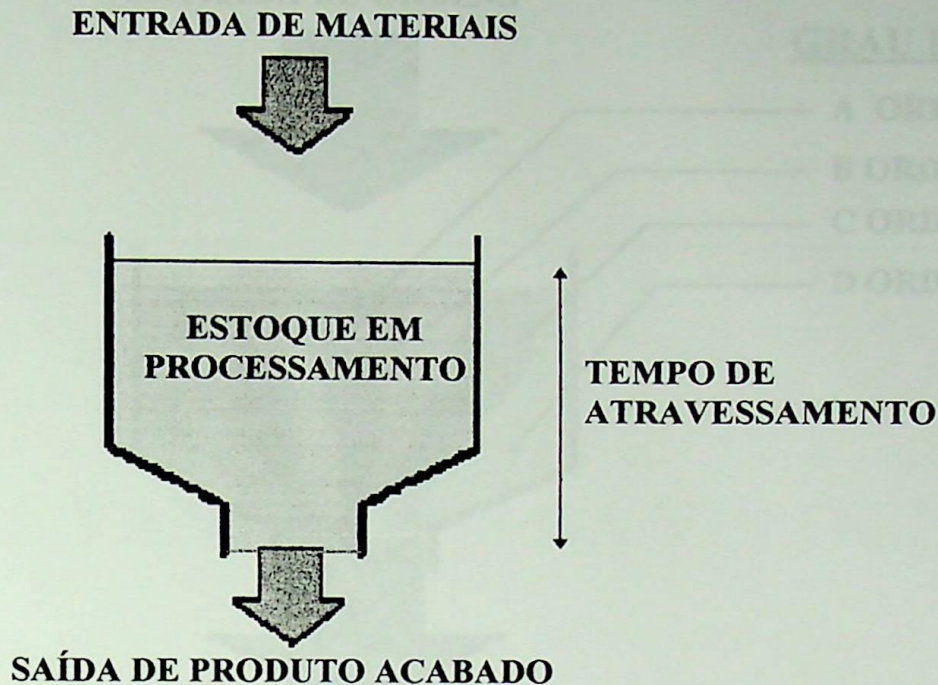


Figura 2.6 - Representação da produção como um funil

Em função de motivos e interesses os mais diversos, tais como pressão dos clientes, condições contratuais, necessidades financeiras, cancelamento de pedidos, faltas de matérias primas, entre outros, em um processo do tipo *job shop*, é relativamente comum que uma determinada ordem de produção à qual as matérias primas já estão empenhadas ou mesmo processadas até certo ponto seja temporariamente colocada de lado em benefício de outra mais urgente. Tal fato contribui grandemente para a erraticidade e imprevisibilidade dos tempos de atravessamento.

Este fenômeno está refletido de forma bastante elucidativa na imagem de um posto de trabalho como um funil (figura 2.7). Ao centro do fluxo correm as ordens urgentes (tipo A), aquelas às quais é dada toda a prioridade, em seguida vêm as ordens normais (tipo B), depois as proteladas (tipo C) e em seguida, por último as negligenciadas (tipo D).

As ordens com grau de prioridade C e D ficam por longo tempo aguardando em filas, contribuindo para o aumento do estoque em processo e aumentando o tempo de atravessamento médio do sistema.

No capítulo 6, ao abordar o controle de produção com base na carga, as analogias com sistemas hidráulicos serão novamente utilizadas.

CAPÍTULO 3

AS VANTAGENS DA VELOCIDADE

3.1. Introdução

A um fluxo de produção rápido estão associadas diversas vantagens que justificam a busca permanente de melhoria neste aspecto de desempenho. Redução do estoque em processo, incremento na flexibilidade, maior satisfação dos clientes, redução de custos, exposição dos problemas e redução na incerteza das operações são benefícios que podem ser obtidos a partir de um fluxo de produção que escoar rapidamente pela fábrica, conforme será visto neste capítulo.

Slack (1993) coloca a velocidade, ao lado da qualidade, da confiabilidade, da flexibilidade e do custo, como uma das ferramentas para se obter vantagem competitiva através das operações de manufatura - "... fazer rápido - fazer com que o intervalo de tempo entre o início do processo de manufatura e a entrega do produto ao cliente seja menor que o da concorrência. Através disso a Manufatura proporciona uma VANTAGEM DE VELOCIDADE à empresa", pontifica o autor, que também coloca : - "Em Manufatura, tempo é mais que dinheiro; tempo é valor, ele tanto poupa custos para a operação como dá benefícios ao consumidor. Mover solicitações e materiais através da operação mais rapidamente faz uma operação mais enxuta e mais produtiva. Aproxima também os requisitos do cliente e a resposta da empresa, dando maior satisfação ao consumidor e menor complexidade para a empresa. O tempo ganho é um investimento na satisfação do consumidor e na redução dos custos da empresa". **Plossl** (1993) vai mais além e afirma :

“Em operações de fabricação, todos os benefícios serão diretamente proporcionais à velocidade do fluxo de materiais e informações”.

Os benefícios e as maneiras de se alcançar velocidade nas fases pré-produção são apresentados por diversos autores (**Adachi**, 1995; **Harttley**, 1992; **Radharamanan**, 1993), sob o título de Engenharia Simultânea, disciplina que busca a integração das atividades de concepção, projeto e elaboração de processos, no sentido de abreviar o tempo consumido e, ao mesmo tempo incorporar, desde as fases iniciais, a preocupação com a manufatura dos produtos. Neste trabalho, o foco está na velocidade do fluxo de produção, de forma que não se fará outras considerações a respeito destes outros tempos, embora sejam reconhecidos como de vital importância.

As vantagens advindas de um fluxo produtivo rápido embora não sejam, normalmente, aferidas diretamente através dos sistemas tradicionais de medida de desempenho, refletem-se no desempenho empresarial a curto, médio e longo prazos. Neste capítulo - com base principalmente nos trabalhos de **Ploosl** (1993) e **Slack** (1994) - se discorrerá sobre as vantagens da velocidade na manufatura.

3.2. A Velocidade aumenta a Flexibilidade dos Planos de Produção

Existe um princípio, apresentado por **Ploosl** (1993) que apregoa : - *“Não empenhe recursos flexíveis a qualquer item específico até o último momento possível”*. Empenhar recursos flexíveis significa abrir mão da flexibilidade, significa abandonar a liberdade de modificar quantidades produzidas, tipos, modelos, cores, etc. O mercado muitas vezes se comporta de maneira diversa da projetada, o que virá a gerar indesejáveis estoques de produtos acabados ou de material semi-acabado.

Os planos de produção a longo prazo são importantes componentes na construção de uma visão do futuro da empresa - praticamente tudo o mais decorre das quantidades e produtos a serem fabricados nas datas futuras - contratação de pessoal, compra de equipamentos, construção de novas plantas, investimentos em publicidade, necessidades de capital, tudo isto é reflexo do plano de produção a longo prazo. Entretanto, quanto maior o prazo maior a probabilidade de erros em relação ao comportamento do mercado, resultando

em necessidade de ajustes nos planos de produção. Ocorre que existem datas críticas, função de prazos de entrega de componentes e matérias primas e do tempo de atravessamento na produção, além das quais modificações nos planos implicam em perdas, normalmente representadas por estoques excessivos. Além de um certo limite se torna impossível alterar o plano, ocasionando então perda de pedidos e de espaço para a concorrência.

Para entender melhor o processo, será apresentado um plano de produção com horizonte de um ano, para uma empresa que fabrica quatro produtos. Com base nas projeções de vendas, a empresa estabeleceu um mix de produção conforme apresentado na figura 3.1.

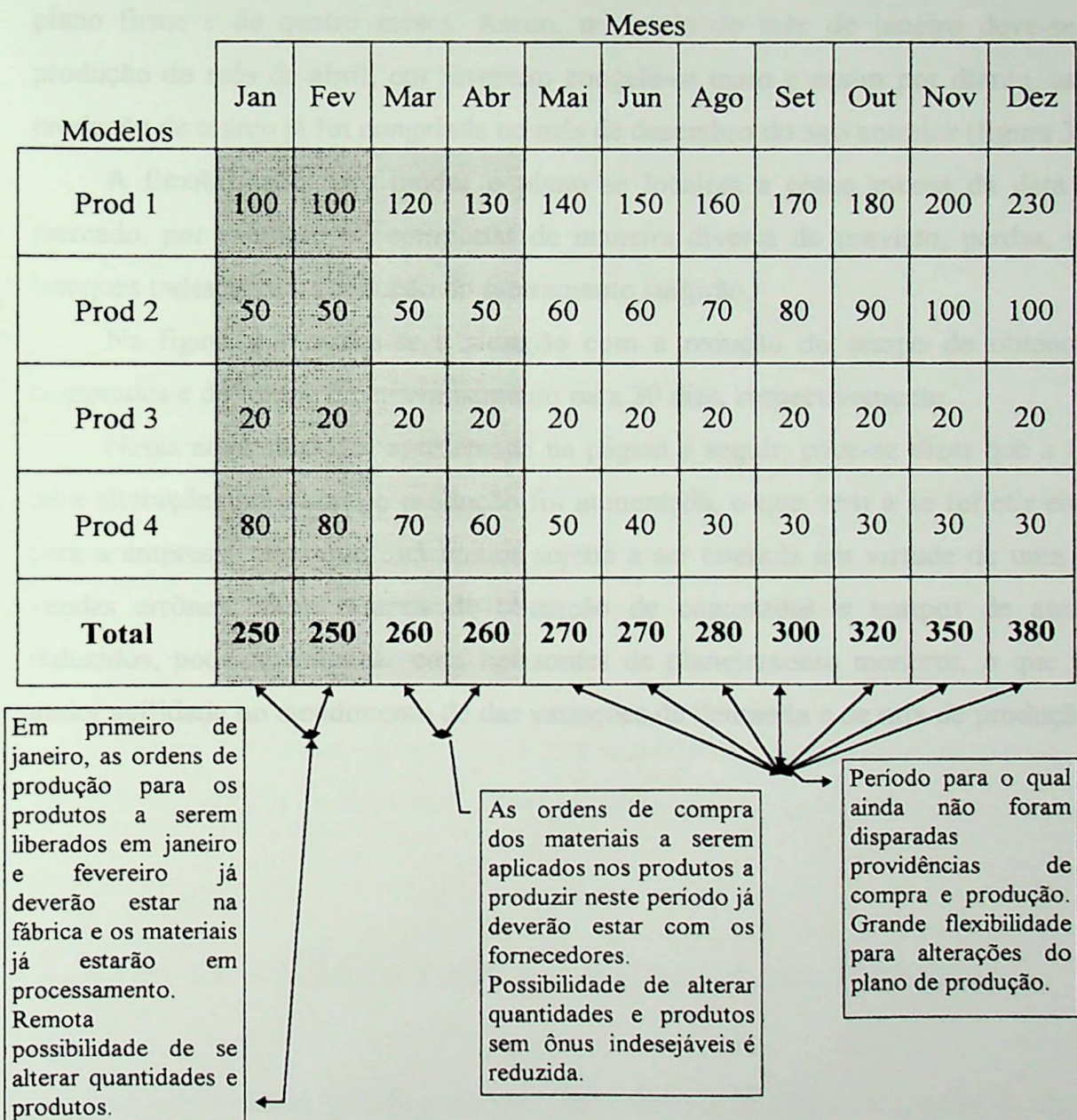


Figura 3.1 - Plano de produção com as datas críticas explicitadas

A partir de um plano como este, a empresa poderá projetar seu fluxo financeiro, planejar investimentos, contratar pessoal e tomar outras providências.

Onde entra a velocidade de produção neste esquema? Juntamente com o tempo de obtenção dos itens comprados, a velocidade de produção vai determinar a antecedência com que se fixa a produção futura, isto é, as datas limites nas quais o administrador deve abrir mão da possibilidade de fazer alterações no plano que não impliquem em perdas.

Neste exemplo, o tempo de obtenção de itens comprados (tempo entre a emissão da ordem de compra e a efetiva disponibilização do material comprado) é de 60 dias e o tempo de atravessamento de outros 60 dias. Nesta condição, a antecedência necessária para tornar o plano firme é de quatro meses. Assim, no início do mês de janeiro deve-se congelar a produção do mês de abril, em fevereiro congela-se maio e assim por diante, assim como a produção de março já foi congelada no mês de dezembro do ano anterior (figura 3.1).

A flexibilidade para mudar o plano se localiza a cinco meses da data atual. Se o mercado, por exemplo, se comportar de maneira diversa do previsto, perdas, na forma de estoques indesejáveis e redução do faturamento surgirão.

Na figura 3.2 ilustra-se a situação com a redução do tempo de obtenção de itens comprados e do tempo de atravessamento para 30 dias, respectivamente.

Nessa nova situação, apresentada na página a seguir, pode-se dizer que a flexibilidade para alterações no plano de produção foi aumentada, o que vem a se refletir em benefícios para a empresa, visto que está menos sujeita a ser onerada em virtude de uma previsão de vendas errônea. Com tempos de obtenção de comprados e tempos de atravessamento reduzidos, pode-se trabalhar com horizontes de planejamento menores, o que vai permitir maior agilidade no atendimento de das variações de demanda e de mix de produção.

3.3. A Velocidade reduz o Estoque em Processo

O tempo mais limitado de um plano produtivo depende da duração do tempo de processo. Quando o fluxo se acelera, a duração das operações torna-se menor, assim como o tempo em que as operações se submetem a certo risco, devido ao fato de que a produção é mais rápida. Essa associação entre a redução do fluxo de produção e o estoque em

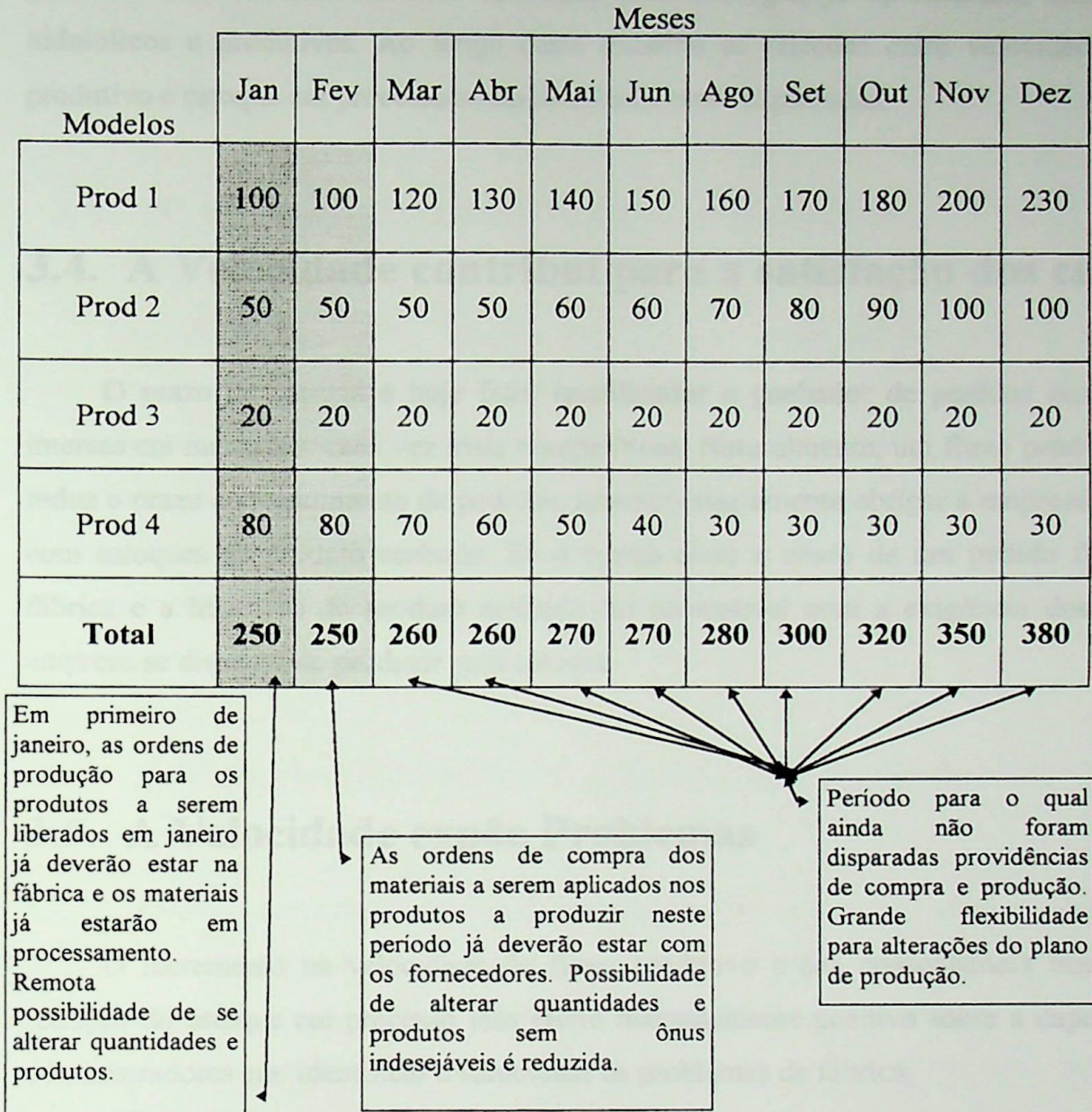


Figura 3.2 - Plano de produção com redução nos tempos de obtenção de comprados e redução nos tempos de fabricação, com as datas críticas explicitadas

3.3. A Velocidade reduz o Estoque em Processo

O reflexo mais imediato de um fluxo produtivo rápido é a redução do estoque em processo. Quando o fluxo se acelera, o material permanece menos tempo na fábrica, menos tempo em filas, as operações se sobrepõem e, como consequência, menos capital de giro é comprometido. Esta associação entre a velocidade do fluxo de produção e o estoque em

processo tem seu entendimento facilitado pela analogia, já apresentada, entre sistemas hidráulicos e produtivos. Ao longo deste trabalho as relações entre velocidade do fluxo produtivo e estoque em processo serão detalhadamente exploradas.

3.4. A Velocidade contribui para a satisfação dos clientes

O prazo de entrega é hoje fator qualificador e ganhador de pedidos para empresas imersas em mercados cada vez mais competitivos. Naturalmente, um fluxo produtivo rápido reduz o prazo de atendimento de pedidos, sem necessariamente obrigar a empresa a se onerar com estoques de produto acabado. Se o tempo entre o envio de um pedido firme para a fábrica e a liberação do produto acabado for compatível com a exigência dos clientes, a empresa se dispensa de produzir para estoque.

3.5. A Velocidade expõe Problemas

O incremento na velocidade do fluxo produtivo e sua consequência mais direta, a redução do estoque em processo tem efeito marcadamente positivo sobre a capacidade dos administradores em identificar e solucionar os problemas da fábrica.

Estoques intermediários disfarçam problemas e sufocam melhorias do processo. Ao serem reduzidos estes amortecedores, os diversos setores produtivos ficam mais expostos aos problemas de seus clientes e fornecedores internos, obrigando um ataque direto sobre os inconvenientes de processo, organização, etc. Nas palavras de **Slack** (1993) : *“Com o percurso rápido do fluxo de operações e com o baixo nível de estoques, cada parte da operação é exposta aos problemas dos outros. A eficiência do sistema como um todo pode ser julgada. Gargalos e elos fracos na cadeia são expostos e podem ser melhorados. Antes, o estoque nos impedia de até de nos assegurarmos de onde os problemas estavam ocorrendo. Agora eles são notados imediatamente. Mais do que isto, porém, a estrutura motivacional da operação é sensibilizada. Com a remoção do estoque, é agora, do interesse de cada um assegurar que todas as partes da operação estão funcionando da mesma forma e o todo da*

operação é motivado a melhorar-se antes de aceitar a “proteção” que o material em processo lhes dava”.

3.6. A Velocidade reduz Custos Indiretos

Segundo Slack (1993), “Quanto mais um pedido ou um lote demora em qualquer operação, mais despesa ele atrai”. Quanto mais tempo o material permanece no processo, mais decisões são tomadas sobre ele, mais espaço ele requer, mais iluminação, mais movimentação, mais ação gerencial ele exige. Tudo isto impõe esforço interno e estrutura organizacional, custos e despesas, portanto. Um fluxo rápido reduz o montante de material a ser gerenciado a cada momento, reduz o espaço físico necessário e, portanto, reduz os custos indiretos.

3.7. A Velocidade reduz a Atividade Especulativa

Tomando-se empresas que trabalhem sob previsão de vendas e não somente a partir de pedidos firmes, observamos que um fluxo produtivo rápido reduz a proporção na qual a empresa trabalha sem dispor do pedido comercial, isto é, sem a confirmação definitiva do que o cliente vai realmente desejar. Para compreender melhor o processo, reproduz-se a seguir ilustração contida em Slack (1993).

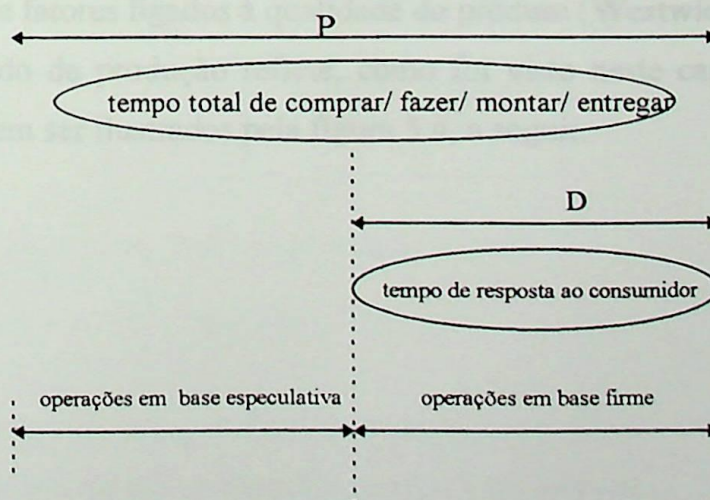


Figura 3.3- Discriminação operação em base firme / especulativa

Nos casos em que o tempo total para comprar, fazer, montar e entregar supera o tempo de atendimento ao comprador, a empresa opera, ao menos parcialmente, em bases especulativas, isto é, faz previsões sobre o que vai ocorrer no futuro arriscando-se, portanto a errar e acumular estoques indesejáveis. O tempo que a empresa trabalha em base especulativa é a diferença entre o tempo total do ciclo de produção e abastecimento e o tempo de atendimento ao consumidor. Quanto maior a velocidade do fluxo produtivo, menor a proporção de trabalho sobre previsão de vendas.

Como bem observa o mesmo autor, “*O elemento especulativo da operação, porém, não está ali apenas porque P (tempo total) é maior do que D (tempo de resposta); está ali porque P é maior que D e a demanda não pode ser perfeitamente prevista*”. Por outro lado, “*... quando P e D são iguais, não importa quanto imprecisas são as previsões, a especulação é eliminada porque tudo é feito contra pedido firme do cliente*”.

3.8. Conclusão

No contexto de uma empresa, a atividade produtiva deve ser considerada como uma arma para se conquistar vantagens em relação à concorrência. Conquistar um fluxo produtivo que possibilita respostas rápidas ao mercado é uma das maneiras de se obter esta diferenciação competitiva. As vantagens de um fluxo produtivo rápido são incontestáveis porém freqüentemente negligenciadas por não serem refletidas diretamente em sistemas de avaliação tradicionais que normalmente se concentram em dados de produtividade, custos de mão de obra direta e fatores ligados à qualidade do produto (Westwick, 1981).

Um fluxo rápido de produção reflete, como foi visto neste capítulo, em uma série de benefícios que podem ser ilustrados pela figura 3.4, a seguir.

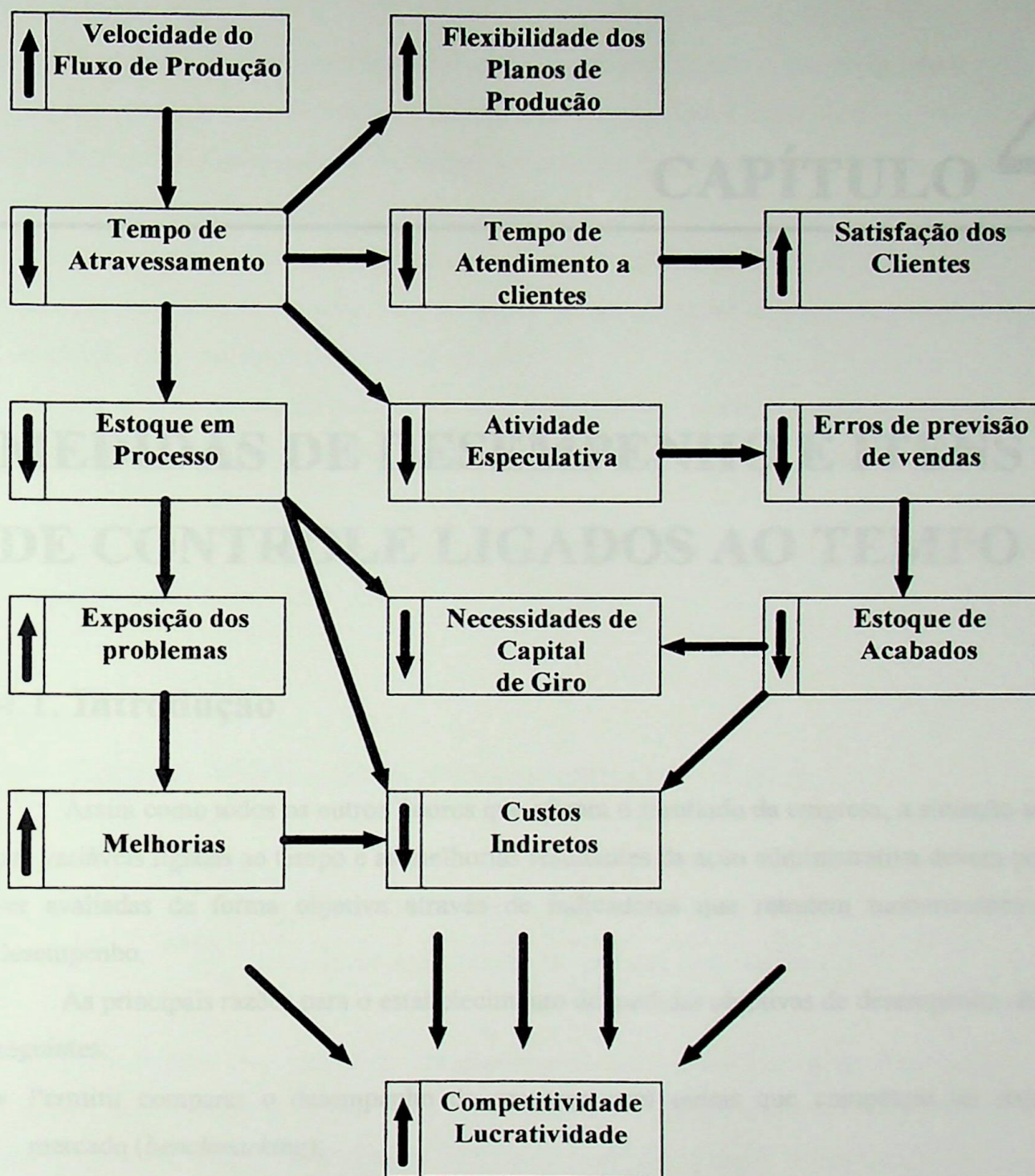


Figura 3.4 - Benefícios de um fluxo de produção rápido

O capítulo seguinte tem por finalidade apresentar alguns indicadores que retratam a situação da empresa em relação a aspectos ligados à velocidade.

CAPÍTULO 4

MEDIDAS DE DESEMPENHO E ITENS DE CONTROLE LIGADOS AO TEMPO

4.1. Introdução

Assim como todos os outros fatores que afetam o resultado da empresa, a situação atual das variáveis ligadas ao tempo e as melhorias resultantes da ação administrativa devem poder ser avaliadas de forma objetiva através de indicadores que retratem numericamente o desempenho.

As principais razões para o estabelecimento de medidas objetivas de desempenho são as seguintes:

- Permitir comparar o desempenho da empresa com outras que competem no mesmo mercado (*benchmarking*);
- Permitir quantificar o resultado da ação gerencial, indicando as necessárias mudanças de curso, quando necessário;
- Permitir avaliar o desempenho dos profissionais responsáveis;
- Permitir a fixação de metas de maneira objetiva, em termos numéricos e expressas através dos próprios indicadores de desempenho estabelecidos e,
- Permitir conhecer melhor as respostas do sistema de produção às ações gerenciais específicas, através do registro histórico do comportamento dos índices confrontado com as medidas adotadas a cada tempo. Este conhecimento permite a análise de sensibilidade

das respostas em relação a cada ação, subsidiando simulações prévias à tomada de decisões.

As medidas de desempenho selecionadas devem atender aos seguintes quesitos:

- Devem ser objetivas e expressas preferencialmente em termos numéricos;
- Devem ser obtidas através de informações e dados que possam ser colhidos de maneira simples, direta e inequívoca;
- Devem ser relevantes e estar ligadas ao desempenho global da empresa;
- Devem ser colhidas em uma série temporal longa, de maneira a que se possa avaliar a evolução dos resultados ao longo do tempo;
- Devem avaliar os resultados de forma complementar, umas em relação às outras, de maneira a que todos os aspectos que afetem o desempenho global sejam controlados.

Neste capítulo são apresentados diversos indicadores úteis na avaliação do desempenho de aspectos ligados ao tempo.

4.2. Tempo Médio de Atravessamento - TMA

$$TMA = \frac{\sum_{i=1}^{i=TL} (\text{data de finalização lote } i - \text{data de início lote } i)}{\text{total de lotes produzidos no período considerado (TL)}} \quad [4.1]$$

É o indicador mais direto do desempenho da fábrica em termos do fator tempo, na verdade o determinante principal dos outros indicadores apresentados. Pode ser apurado em termos de lotes, como na expressão 4.1, mas também, quando operacionalmente mais conveniente, através de amostragem, “marcando-se” componentes aleatoriamente (naturalmente de acordo com boas técnicas de amostragem) no momento da entrada no processo, monitorando seu “caminhar” através da fábrica até o momento de saída. Pode-se, por exemplo, em muitos casos, criar um fator de ponderação, de maneira a se atribuir mais peso aos lotes ou itens de maior valor. Em se tratando de um valor médio existe, naturalmente, uma dispersão associada. Monitorar tal dispersão e a amplitude de variação dos tempos de atravessamento dos lotes pode ser bastante útil.

A apuração deste indicador pode tornar-se complexa quando se trabalha com itens com estruturas grandes, em vários níveis. Pode ocorrer que os vários componentes do produto sejam produzidos em lotes de diferentes tamanhos, com roteiros diversos, tempos de espera e processamento variados. Neste caso, qual é o tempo de atravessamento a considerar? Pode-se solucionar esta questão observando o sistema em termos agregados, expressando-se o tempo médio de atravessamento em função do estoque em processo e da taxa de produção, conforme a expressão 4.2.

$$TMA = \frac{\text{estoque em processo (EP)}}{\text{taxa de produção (TP)}} \quad [4.2]$$

O estoque em processo pode ser expresso em unidades monetárias, peso, unidades, o que for mais conveniente tendo em vista o tipo de empresa monitorada. Entenda-se “taxa de produção” como a quantidade produzida por unidade de tempo. O TMA será expresso pela mesma unidade de tempo utilizada no denominador da expressão.

A aplicação do indicador e a identidade apresentada na expressão 4.2 podem ser melhor entendidas através do exemplo numérico a seguir.

Uma empresa, fabricante de peças de plástico injetado tem uma produção diária de 1500 quilos por dia. Ao longo da fábrica, entre material em processamento e em espera encontramos um estoque de 5000 quilos. O TMA apurado através da relação proposta é:

$$TMA = \frac{5000 \text{ kg}}{1500 \text{ kg / dia}} = 3,33 \text{ dias}$$

Se, mantendo o estoque em processo, a produção diária for aumentada para 2500 quilos por dia, ter-se-á, como conseqüência, a diminuição do tempo de atravessamento, como mostra a relação:

$$TMA = \frac{5000 \text{ kg}}{2500 \text{ kg / dia}} = 2,0 \text{ dias}$$

Ao se considerar a analogia com a vazão líquida em uma seção de tubo, facilmente entende-se o que ocorre. Manteve-se o volume de água no tubo e aumentou-se a vazão.

Naturalmente aumenta a velocidade do líquido, diminuindo-se o tempo médio que cada molécula leva para percorrer a seção.

Se, ao invés de se aumentar a taxa de produção conservando o estoque em processo, reduzir-se o estoque para 3000 quilos, conservando a mesma produção diária, obtém-se o seguinte resultado:

$$TMA = \frac{3000 \text{ kg}}{1500 \text{ kg/dia}} = 2,0 \text{ dias}$$

Isto é lógico, uma vez que a cada momento os recursos de fabricação estarão alocados sobre um volume menor de material, aumentando, portanto, a velocidade de produção e reduzindo-se o tempo de atravessamento. Na analogia com a hidráulica, é como se o diâmetro fosse reduzido, conservando-se a mesma vazão. Naturalmente a velocidade do líquido seria aumentada.

Esta medição de tempo de atravessamento não necessariamente avalia o tempo de atendimento a clientes pois faz ponderação em função do estoque em processo envolvido em cada fase do ciclo de produção. Por exemplo, se um produto tem dois componentes, um de pouco valor e longo tempo de atravessamento e outro de alto valor e tempo de atravessamento curto, a velocidade de produção calculada através do estoque em processo poderá resultar em valor que indique alta velocidade do fluxo de produção sem que isto se reflita em atendimento rápido aos clientes. Esta limitação está ligada ao fato de, neste índice, o parâmetro estar sendo considerado em termos de média.

4.3. Eficiência de Fluxo - EF

$$EF = \frac{\text{tempo de processamento}}{\text{tempo de atravessamento}} \times 100\% \quad [4.3]$$

Expresso em termos percentuais, semelhante à definição de velocidade apresentada na expressão 2.2, é um dos melhores indicadores pois, como afirma Slack (1993), mantém em perspectiva os melhoramentos possíveis, comparando o tempo de processamento de determinado produto ou lote de trabalho, isto é, o tempo no qual nele realmente se agrega valor, com o tempo total que o mesmo produto ou lote leva entre a entrada em processo como

matéria prima e a saída como produto acabado. O mesmo autor ilustra a utilidade do indicador nos seguintes termos: “ *Por exemplo, um lote de trabalho, com um tempo de preparação e de processamento de 16 horas, leva oito semanas para fazer seu trajeto ao longo da fábrica. Se após a aceleração do fluxo através da fábrica o tempo de percurso for reduzido para cinco semanas, o melhoramento parece impressionante. Apesar disso o EF da fábrica terá de fato sido melhorado de 5% para 8%, um movimento na direção certa, mas ainda existe um longo caminho a percorrer*”. Através de uma simulação simplificada, pode-se compreender melhor a situação apresentada:

Tomando o lote de trabalho acima mencionado, que consome 16 horas entre preparação e processamento, sabe-se que seu tempo de atravessamento é de 8 semanas, de forma que o cálculo do indicador se faz da seguinte maneira (cálculo para semanas com 40 horas de trabalho):

$$EF(1) = \frac{16\text{horas}}{8\text{semanas} \times 40\text{horas} / \text{semana}} \times 100\% = 5\%$$

Com a aceleração do fluxo reduzindo o tempo de 8 para cinco semanas, chega-se à seguinte situação:

$$EF(2) = \frac{16\text{horas}}{5\text{semanas} \times 40\text{horas} / \text{semana}} \times 100\% = 8\%$$

Como o próprio valor obtido para o índice indica, ainda há um potencial para melhoria enorme.

Os arranjos físicos do tipo fluxo, como registra **Burbidge** (1989) reduzem substancialmente ou mesmo eliminam os tempos de espera e, portanto, devem levar este indicador a um valor próximo de 100%. Já nos arranjos funcionais, caso em que os lotes normalmente aguardam o processamento em filas, apura-se índices tanto menores, quanto pior for o gerenciamento da produção. **Slack** (1993) não menciona esta questão, mas no caso de conjuntos complexos compostos de diversos componentes, este trabalho sugere considerar o caminho crítico para obtenção do produto final ao se quantificar o tempo de processamento, evitando-se assim acumular tempos de operações que podem ser executadas em paralelo. Este caminho crítico não seria apurado nos moldes de redes tipo PERT / CPM, que consideram os tempos corridos para execução de tarefas, mas sim considerando tão

somente os tempos-padrão de processamento e preparação, de maneira que o tempo obtido no caminho crítico seria o menor tempo para obtenção do produto se os recursos da planta fossem totalmente direcionados para tal produto específico.

Para a apuração do índice em termos agregados, isto é para uma fábrica como um todo e não apenas para um produto ou linha específica, pode-se calcular a média (ponderada por algum fator ou não) dos valores de eficiência de fluxo calculados para diversos produtos ou linhas.

4.4. Tempo do Ciclo de Produção e Abastecimento (TCPA)

É o tempo total consumido em todo o ciclo de comprar, fazer, montar e entregar os produtos. Deve ser apurado em separado para cada produto ou conjunto de produtos. Sua monitoração é importante devido ao fato de que quanto maior for este tempo, com mais antecedência deverão ser tomadas providências de abastecimento e portanto mais cedo se compromete a flexibilidade em termos de alterações no plano de produção. Grandes ciclos de produção e abastecimento freqüentemente levam a estoques indesejáveis de produto acabado (exceto no caso de produção sob encomenda), devido ao fato de que as previsões de vendas estão mais sujeitas a falhas.

Para apuração numérica do indicador deve-se considerar a rede de atividades que leva à obtenção dos produtos acabados, tomando o caminho crítico como o valor a ser adotado como representativo do mesmo.

Imagine-se um determinado produto cuja estrutura possa ser representada conforme a figura 4.1.

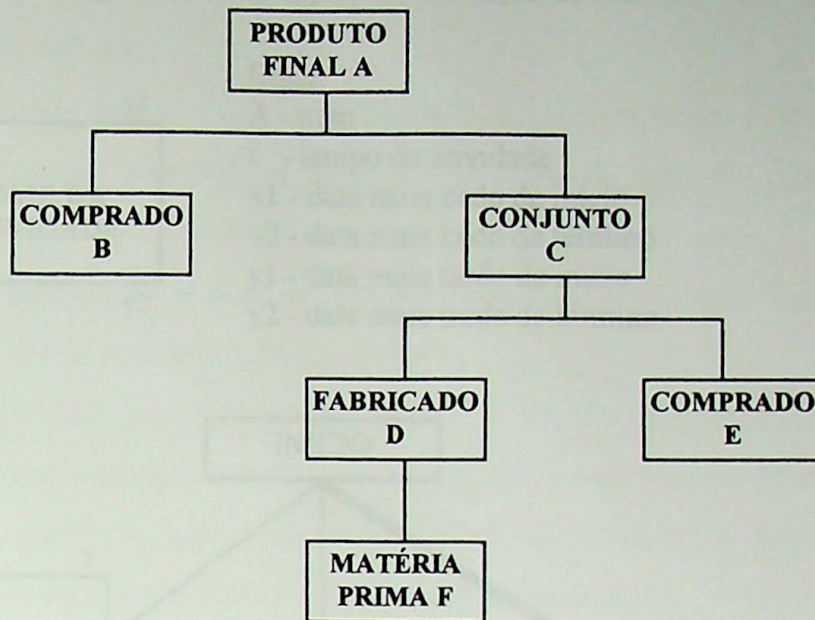


Figura 4.1 - Estrutura de produto

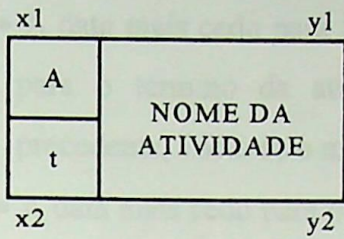
Os tempos envolvidos nas operações de aquisição, fabricação e montagem seriam os seguintes:

| Atividade | Descrição | Tempo* |
|-----------|-----------------|---------|
| 1 | Montagem de A | 2 dias |
| 2 | Aquisição de B | 18 dias |
| 3 | Montagem de C | 5 dias |
| 4 | Fabricação de D | 3 dias |
| 5 | Aquisição de E | 15 dias |
| 6 | Aquisição de F | 7 dias |

- Tempo corrido, incorporando a cada atividade os tempos associados referentes às filas, preparações, inspeção, operação, etc...

É importante que se esclareça que os tempos referentes a permanência em filas podem variar em função do *mix* de produtos que esteja sendo fabricado em determinado período, de forma que o caminho crítico pode ser alterado constantemente e os tempos modificados, principalmente em plantas com baixa eficiência de fluxo, onde os tempos de espera predominam.

A seguinte simbologia será adotada para a construção da rede :



Onde:

A - item

t - tempo da atividade

x1 - data mais cedo de início

x2 - data mais cedo de término

y1 - data mais tarde de início

y2 - data mais tarde de término

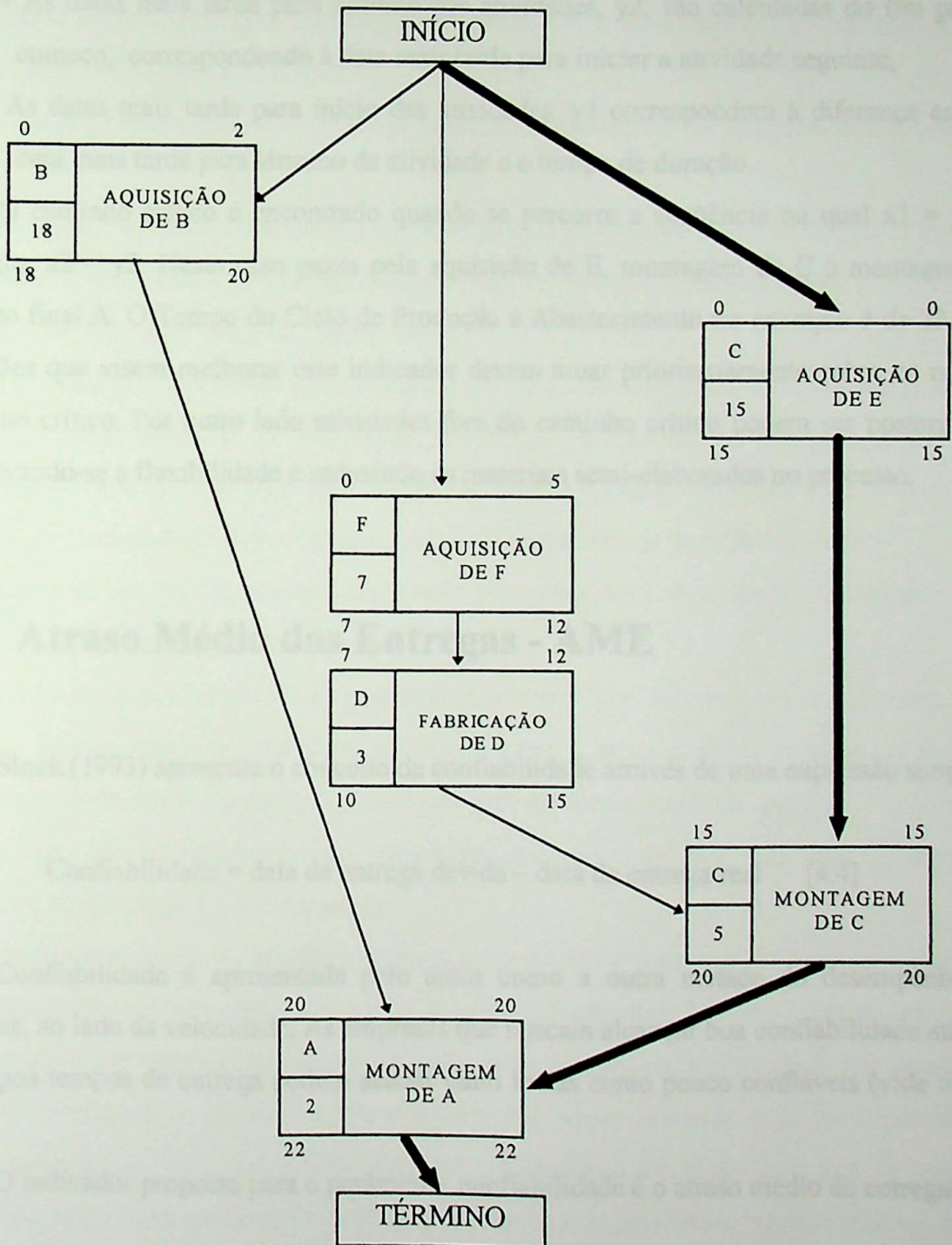


Figura 4.2 - Rede de atividades

Os cálculos para obtenção dos valores de x_1 , x_2 , y_1 , y_2 para cada atividade são efetuados da seguinte maneira :

- A data mais cedo para início de uma atividade, x_1 , corresponde à data mais cedo para o término da atividade precedente. No caso de mais de uma atividade precedente, adota-se o maior valor;
- A data mais cedo para o término de uma atividade, x_2 , é o resultado da soma da data mais cedo de início com a duração da atividade;
- As datas mais tarde para término das atividades, y_2 , são calculadas do fim para o começo, correspondendo à data mais tarde para iniciar a atividade seguinte,

As datas mais tarde para início das atividades, y_1 correspondem à diferença entre a data mais tarde para término da atividade e o tempo de duração.

O caminho crítico é encontrado quando se percorre a seqüência na qual $x_1 = y_1$ e, portanto, $x_2 = y_2$. Neste caso passa pela aquisição de E, montagem de C e montagem do produto final A. O Tempo do Ciclo de Produção e Abastecimento no exemplo é de 22 dias. As ações que visem melhorar este indicador devem atuar prioritariamente sobre os nós do caminho crítico. Por outro lado atividades fora do caminho crítico podem ser postergadas, conservando-se a flexibilidade e reduzindo os materiais semi-elaborados no processo.

4.5. Atraso Médio das Entregas - AME

Slack (1993) apresenta o conceito de confiabilidade através de uma expressão simples:

$$\text{Confiabilidade} = \text{data de entrega devida} - \text{data de entrega real} \quad [4.4]$$

Confiabilidade é apresentada pelo autor como a outra metade do desempenho de entregas, ao lado da velocidade. As empresas que buscam alcançar boa confiabilidade através de longos tempos de entrega podem acabar tanto lentas como pouco confiáveis (vide tópico 6.5)

O indicador proposto para o parâmetro confiabilidade é o atraso médio de entregas:

$$AME = \frac{\sum_{i=1}^{i=TP} (\text{data de entrega real do pedido } i - \text{data de entrega prevista do pedido } i)}{\text{total de pedidos atendidos no periodo considerado (TP)}} \quad [4.5]$$

Este é um indicador que vai mostrar em que grau os administradores têm sob controle os tempos no processo industrial e quão confiáveis são os prazos fornecidos aos clientes. Quanto mais próximo de zero maior a confiabilidade. Deverá ser expresso em dias, sendo que as diferenças de datas do denominador considerarão apenas dias úteis. No caso de antecipação de entregas, para que não haja distorções, a diferença entre data real e data prevista será considerada como nula.

Diversos fatores podem levar a um resultado desfavorável na apuração deste índice, a saber:

- o pessoal de vendas é tentado a oferecer prazos de entrega menores do que o factível pela fábrica (datas de entrega estabelecidas de forma desconsiderando a capacidade real de produção, carga da fábrica, etc.),
- a dilatação dos prazos de entrega para absorver a falta de confiabilidade pode provocar diminuição adicional na velocidade, em função de aumento no estoque em processo (conforme o ciclo vicioso apresentado em outro capítulo), o que irá, no fim acumular os problemas de falta de confiabilidade com problemas de lentidão do fluxo,
- a falta de um conhecimento mais preciso dos processos industriais leva à estimativa de prazos de entrega sem uma base concreta,
- a falta de comunicação entre departamentos e um fluxo de informações deficiente leva ao fornecimento de prazos que não consideram a carga atual de trabalho da fábrica, levando em conta tão somente *lead times* preestabelecidos e estáticos.
- a falta de confiabilidade do fornecedor externo leva, por sua vez, à falta de confiabilidade da própria empresa.

Manter este indicador próximo de zero, além de representar uma importante vantagem competitiva em termos comerciais, leva a uma redução dos “seguros” contra atrasos, representados por estoques de segurança e dilatação nos prazos prometidos. O conseqüente aumento do número de ordens em aberto leva a uma maior morosidade no fluxo produtivo, chegando-se a um situação viciosa em que quanto mais se dilate o prazo de entrega prometido, mais lento é o fluxo de produção e mais fora de controle se torna o sistema, o que pode levar a mais atrasos de entrega, reiniciando-se o ciclo. Este assunto será novamente tratado no capítulo 6.

Os dados para apuração deste índice deverão ser obtidos a partir dos registros da área comercial ou do departamento de planejamento e controle da produção, onde deverão constar as datas previstas de entrega no momento em que os pedidos foram recebidos e do setor de faturamento, onde se obterão as datas de entrega efetiva (pode-se considerar ou não o tempo gasto no transporte, dependendo das circunstâncias).

Imagine-se agora uma situação em que se registram os seguintes dados:

Pedidos atendidos no mês "X", ano "YY" pela empresa J.J. Ltda.:

| Nº Pedido | Entrega Prevista | Entrega Real |
|-----------|------------------|--------------|
| 1002 | 8 / X-1 / YY | 3 / X / YY |
| 1005 | 25 / X-1 / YY | 10 / X / YY |
| 1006 | 1 / X / YY | 10 / X / YY |
| 1007 | 10 / X / YY | 10 / X / YY |
| 1008 | 15 / X / YY | 12 / X / YY |
| 1009 | 20 / X / YY | 16 / X / YY |
| 1011 | 22 / X / YY | 27 / X / YY |
| 1013 | 28 / X / YY | 28 / X / YY |

Processando os dados obtém-se os seguintes resultados:

| Nº Pedido | Atraso | Antecipação | Valor a considerar |
|-----------|---------|-------------|--------------------|
| 1002 | 25 dias | - | 25 dias |
| 1005 | 15 dias | - | 15 dias |
| 1006 | 9 dias | - | 9 dias |
| 1007 | - | - | 0 |
| 1008 | - | 3 dias | 0 |
| 1009 | - | 4 dias | 0 |
| 1011 | 5 dias | - | 5 dias |
| 1013 | - | - | 0 |

Aplicando a fórmula do indicador, obtém-se:

$$AME = \frac{25 + 15 + 9 + 0 + 0 + 0 + 5 + 0}{8} = \frac{54}{8} = 6,8 \text{ dias}$$

Este indicador, em virtude de apresentar resultados em termos médios não representa totalmente o desempenho no que diz respeito à confiabilidade de entregas. Os dados relativos à dispersão podem ser relevantes neste caso. Pode-se, por exemplo registrar o número de ocorrências de atrasos, ou o número de ocorrências de atrasos superiores a “n” dias.

Outro dado relevante em relação à confiabilidade é que quanto mais curto o ciclo de produção e abastecimento, melhor o desempenho em termos deste fator. Isto se deve ao fato de que um atraso que represente uma mesma proporção referente a um ciclo menor reflete em uma mora menor em termos absolutos. Por exemplo, se uma fábrica tem um ciclo de abastecimento e produção de 90 dias, 20% de atraso representam 18 dias; já se o ciclo for de 30 dias, os mesmos 20% representarão apenas 6 dias.

4.6. Tempo Médio de Atendimento a Clientes - TMAC

$$TMAC = \frac{\sum_{i=1}^{i=TP} (\text{data de entrega do pedido } i - \text{data de entrada do pedido } i)}{\text{total de pedidos atendidos no periodo considerado (TP)}} \quad [4.6]$$

É um indicador que pode avaliar o grau de excelência do atendimento ao mercado no que diz respeito à questão “tempo”. Fornece uma informação diferente do que o AME, que é uma medida de confiabilidade. É afetado pela precisão nas previsões de vendas, pela velocidade do fluxo produtivo e pela política de gestão de estoques de produto acabado. Dependendo do mercado em que se insere a empresa, o tempo de atendimento aos clientes pode ser uma arma competitiva decisiva, fator de escolha para o mercado comprador.

Os dados necessários para apuração deste indicador são semelhantes àqueles colhidos para o cálculo do AME (Atraso Médio de Entregas). Neste caso confronta-se as data de entrada dos pedidos com as datas de entrega efetiva. Vejamos um exemplo imaginário, considerando-se ainda o desempenho da empresa J.J. Ltda. no mês “X” do ano “YY”.

4.7. Índice de Operações em Base Física - IOBF

| Nº Pedido | Data do Pedido | Entrega Real |
|-----------|----------------|--------------|
| 1002 | 12 / X-2 / YY | 3 / X / YY |
| 1005 | 1 / X-1 / YY | 10 / X / YY |
| 1006 | 10 / X-1 / YY | 10 / X / YY |
| 1007 | 1 / X / YY | 10 / X / YY |
| 1008 | 5 / X-1 / YY | 12 / X / YY |
| 1009 | 2 / X / YY | 16 / X / YY |
| 1011 | 12 / X-1 / YY | 27 / X / YY |
| 1013 | 5 / X / YY | 28 / X / YY |

Processando os dados obtém-se os seguintes resultados:

| Nº Pedido | Tempo de Atendimento |
|-----------|----------------------|
| 1002 | 61 dias |
| 1005 | 39 dias |
| 1006 | 30 dias |
| 1007 | 9 dias |
| 1008 | 37 dias |
| 1009 | 14 dias |
| 1011 | 55 dias |
| 1013 | 23 dias |

Aplicando a fórmula do índice, obtém-se:

$$TMAC = \frac{61 + 39 + 30 + 9 + 37 + 14 + 55 + 23}{8} = \frac{268}{8} = 33,5 \text{ dias}$$

O valor obtido pode ser satisfatório ou não, dependendo da expectativa do mercado consumidor, do comportamento dos concorrentes e do histórico da empresa, e das metas estabelecidas pelos administradores.

4.7. Índice de Operações em Base Firme - IOBF

$$\text{IOBF} = \frac{\text{Tempo Medio de Atendimento a Clientes}}{\text{Tempo do Ciclo de Produção e Abastecimento}} \quad [4.7]$$

Este indicador vai demonstrar em que medida a empresa se arrisca com previsões sobre o que os compradores irão desejar. Seu valor tenderá a 1 quando o tempo de atendimento aos clientes se aproximar do tempo total do ciclo de produção e abastecimento (tempo para comprar, fazer, montar e entregar), isto é, quanto menos operações forem feitas em base especulativa (vide figura 3.3, na página 26). Nas situações limite, temos a empresa que trabalha unicamente sob encomenda, disparando as providências de compra de insumos somente após a confirmação da venda e, do outro lado, a empresa que busca a pronta entrega dos seus produtos e produz para estoque, caso em que a operação se faz em bases totalmente especulativas. No primeiro caso, o índice será igual a 1 (imaginando-se que, após o pedido, iniciem-se imediatamente as providências de compra e fabricação); no segundo caso, tendendo a zero o tempo de atendimento ao comprador, o valor do índice também se aproxima de zero.

A melhoria do valor deste indicador, isto é, sua aproximação do valor "1" será conseguida através de dois caminhos alternativos:

1. atuar sobre o numerador, fazendo com que o cliente aguarde mais pelo seu pedido, o que, exceto em mercados específicos, não é aceitável;
2. atuar sobre o denominador, diminuindo o tempo total do ciclo de produção.

A segunda alternativa é a mais viável, até porque com um ciclo de produção mais rápido a empresa poderá apresentar ao mercado uma situação mais próxima da pronta entrega (ideal para os clientes) sem no entanto obrigar-se a exclusivamente especular.

Este é um indicador relevante para empresas inseridas em mercados de situações intermediárias e deve ser considerado quando a empresa venha a fazer sua opção estratégica no que se refere a minimizar seu tempo de atendimento a pedidos de venda e ao mesmo tempo diminuir o risco de ser onerada com excesso de estoques, tanto de produto acabado como de matérias primas. Atuar gerencialmente procurando diminuir o tempo total trará benefícios para os dois aspectos; propor prazos maiores de atendimento aos clientes diminui o risco mas leva à perda de vantagens competitivas.

Aqui está mais uma razão por que a rapidez no fluxo de produção permite estoques menores, tanto de produto acabado como de estoque em processo - trabalhando com o indicador IOBF próximo de 1, reduz-se o risco de “encalhes” de produto acabado ou mesmo paralisação no trabalho sobre lotes em andamento para atender um eventual pedido urgente vindo do departamento comercial.

Este indicador é, na verdade, uma composição de dois outros apresentados anteriormente, o TMAC (Tempo Médio de Atendimento a Clientes) e TCPA (Tempo do Ciclo de Produção e Abastecimento) mas que vem trazer uma nova informação, que diz respeito a em que medida a empresa se arrisca, tomando providências de abastecimento e produção sobre previsão de vendas e não sobre pedidos firmes.

A aplicação do indicador proposto poderá ser melhor entendida através dos exemplos numéricos apresentados a seguir.

A empresa M.M. Ltda., fabricante de uma variada linha de bens de capital, registrou em determinado mês um tempo médio de atendimento a clientes (TMAC) de 21 dias, sendo que vem sendo registrado um tempo do ciclo de produção (TCPA) de 45 dias, 20 dias para obtenção dos itens comprados e 25 dias para produção. Neste caso, o cálculo do indicador fica:

$$\text{IOBF} = \frac{\text{TMCA}}{\text{TCPA}} = \frac{21}{45} = 0,47$$

Pode-se, a partir do resultado obtido, concluir que necessariamente foram feitas compras, e talvez se tenha disparado ordens de fabricação sobre previsão de vendas. Caso as previsões não tenham sido precisas poderá ter sido gerado um indesejável estoque de produtos acabados.

A empresa P.P. Ltda., fabricante de farinha de trigo, registrou no mesmo período um tempo de atendimento a clientes de 1 dia, sendo que o seu tempo de ciclo de produção e abastecimento é de 20 dias. O cálculo do indicador fica :

$$\text{IOBF} = \frac{1}{20} = 0,05$$

Este resultado significa que a empresa se arriscou em demasia? Neste caso não, pois tendo um só produto e uma demanda estável, a previsão de vendas é extremamente precisa. Na verdade, este indicador não é relevante para este tipo de indústria.

A seguir, um exemplo de aplicação do índice.

A empresa Q.Q. Ltda., fabricante de navios de grande porte, registrou um TMAC de 450 dias e um TCPA também de 450 dias o que, é óbvio, resultou em um IOBF unitário. É o caso típico de produção sob encomenda, outro caso em que não tem sentido a utilização deste indicador.

A empresa R.R Ltda. , fabricante de eletrodomésticos, registrou um TMAC de 45 dias, enquanto o TCPA apurado foi de 20 dias. O cálculo do indicador fica:

$$\text{IOBF} = \frac{45}{20} = 2,25$$

Um valor acima de 1 pode estar, inclusive, sugerindo que a empresa deveria se redimensionar para atender o mercado, que está demandando acima de sua capacidade produtiva. Esta empresa tem uma carteira de pedidos que permanecem aguardando o momento de entrar em produção.

4.8. Giro Anual dos Estoques - GAE

$$\text{GAE} = \frac{\text{saidas no periodo} \times \text{numero de periodos no ano}}{\text{estoque}} \quad [4.8]$$

Ou, caso se considere periodicidade mensal na apuração do índice:

$$\text{GAE} = \frac{\text{saidas no mês} \times 12}{\text{estoque}} \quad [4.9]$$

Pode-se utilizar o valor médio dos estoques ou o valor em determinada data arbitrada.

É um indicador consagrado, considerado uma medida financeira de desempenho. O giro de estoques é uma resultante de diversos fatores :

- A política de reposição de estoque de matéria prima da empresa;
- A precisão das previsões de vendas;
- Problemas de qualidade do produto;
- A velocidade do fluxo produtivo na fábrica;
- Particularidades do mercado de insumos e do mercado comprador; e
- A natureza do processo produtivo.

Pode-se considerar, para efeito do cálculo do giro dos estoques, como denominador do indicador o valor dos total dos estoques, de produto acabado, estoque em processo e matéria prima, , sendo as saídas representadas pelo faturamento (ou custo das mercadorias vendidas, conforme o critério) caso em que se avalia o desempenho do sistema como um todo. Também pode-se apurar em separado os índices relativos à matéria prima (avaliando-se a política de compras), ao estoque em processo (afetado diretamente pela velocidade do fluxo produtivo) e ao inventário de produtos acabados (analisando-se a qualidade das previsões de vendas). Embora o efeito mais direto da velocidade do fluxo produtivo seja sobre o giro do estoque em processo, um fluxo veloz deve aumentar, por via indireta, o giro de matérias primas e produtos acabados, devido ao fato de que, como o tempo entre a saída de produto acabado e a entrada do mesmo em produção fica reduzido, pode-se fazer previsões de vendas com horizontes mais curtos, portanto mais confiáveis e precisas. Previsões mais precisas evitam excessos no estoque de produtos acabados e também a compra de matérias primas que não serão usadas de imediato.

4.9. Cobertura de Estoques - CE

$$CE = \frac{\text{estoque}}{\text{consumo de materiais por unidade de tempo}} \quad [4.10]$$

Na verdade este indicador, expresso em unidades de tempo, contém a mesma informação do giro de estoques, porém, apresentada em termos físicos e não financeiros, sendo mais adequado para avaliar componentes e produtos específicos. Para a apuração do

índice em termos agregados é necessário quantificar monetariamente estoques e consumo, este último através do custo das mercadorias vendidas.

A empresa V.V. Ltda., fabricante de betoneiras, produziu em determinado mês 105 máquinas. Seu estoque médio de motores foi, no período, de 35 unidades. Considerando que cada máquina utiliza um motor, o cálculo do índice fica:

$$CE = \frac{\text{estoque}}{\text{consumo}} = \frac{35 \text{ unidades}}{105 \text{ unidades/mês}} = 0,33 \text{ meses} = 10 \text{ dias}$$

No mesmo período, o valor médio de seus estoques foi de R\$ 100.000,00 e o custo de mercadorias vendidas (CMV) foi R\$ 75.000,00. O cálculo agregado fica:

$$CE = \frac{\text{estoque}}{\text{CMV}} = \frac{\text{R\$}100.000,00}{\text{R\$}75.000,00/\text{mês}} = 1,33 \text{ meses} = 40 \text{ dias}$$

Calculando o GAE (giro anual de estoques) para a mesma situação, obtém-se:

$$GAE = \frac{\text{CMV} \times 12}{\text{estoque}} = \frac{75.000 \times 12}{100.000} = 9$$

Aqui fica clara a identidade dos dois indicadores. O estoque da fábrica é, em média, suficiente para uma produção de 40 dias. Por outro lado, o estoque gira 9 vezes em um ano. Associando as fórmulas e considerando períodos de um dia, fica:

$$CE = \frac{\text{estoque}}{\text{CMV}} \quad \text{e,} \quad GAE = \frac{\text{CMV} \times 360}{\text{estoque}}$$

$$\text{Assim, desenvolvendo tem-se: } CE \times \text{CMV} = \frac{\text{CMV} \times 360}{\text{estoque}}$$

$$\text{e, portanto: } CE = \frac{360}{GAE} \quad \text{ou,} \quad GAE = \frac{360}{CE}$$

o que pode ser confirmado através dos resultados obtidos no exemplo numérico.

4.10. Matriz de localização de problemas - *Check List* de soluções

A deficiência de desempenho em relação a cada indicador proposto requer ações gerenciais específicas. A gestão da manufatura voltada para um fluxo de produção rápido é estudada no capítulo seguinte. Neste tópico é apresentada uma matriz que pode ser usada como uma forma sintética e sistemática de monitorar o desempenho em relação ao fator velocidade do fluxo produtivo e correlatos. Ao mesmo tempo, esta ferramenta apresenta os pontos de ataque específicos sugeridos para neutralizar cada tipo de inconveniente.

Para cada indicador deve se estabelecer uma meta (índice de referência) a ser alcançada e, mês a mês, registra-se o desempenho, comparando a meta com o valor obtido. Quando houver um resultado em desacordo com o almejado verifica-se, entre os pontos de ataque sugeridos, quais o que podem beneficiar o índice deficiente. Cada índice tem um relacionamento específico com os diversos pontos de ataque. Se, por exemplo, houver inadequação no índice "Atraso Médio de Entregas", um dos pontos de ataque indicados é aumentar os estoques de segurança - esta medida, no entanto, prejudica os índices referentes ao grau de operações em base firme, ao tempo de atravessamento e ao giro de estoques. Cabe ao administrador selecionar e aplicar as medidas corretivas no grau mais adequado.

4.11. Conclusão

Todos os indicadores apresentados neste trabalho podem ser apurados em termos agregados, para medir desempenho global da empresa sob os aspectos considerados, mas também para setores ou produtos específicos. O que se recomenda é que cada administrador trabalhe com indicadores de amplitude proporcional ao seu nível de responsabilidade, remetendo-se aos indicadores mais específicos sempre que o mais amplo apresentar razões para intervenção. Por exemplo, suponha-se que em determinado momento o indicador EF (eficiência de fluxo) apresente um valor abaixo das metas estabelecidas. Para isolar a causa do problema (entendido aqui como o resultado indesejável de um processo, como indicam os manuais de qualidade total - **Campos**, 1992), convém levantar os valores do mesmo indicador porém, em um nível mais detalhado, produto por produto, setor por setor, até isolar o causador da situação indesejável. Localizando-se a causa e eliminando o problema, retorna-se então à análise mais macro, até que novamente seja necessário ir ao detalhe. Além das medidas físicas de desempenho, estudadas neste capítulo, é importante obter-se informações referentes à velocidade de produção a partir dos sistemas de custeio, assunto tratado no próximo capítulo. Finalmente, conforme pontificado por **Rosa** (1996), em trabalho que aborda a questão de medição de performance de maneira mais abrangente, a implantação de qualquer sistema de medição de desempenho deve considerar os seguintes pontos:

- medir desempenho só se justifica quando se pretende aprimorá-lo;
- a avaliação em si não torna a empresa melhor ou pior ;
- a avaliação de desempenho deve dar uma idéia nítida dos ganhos pontuais e globais;
- os indicadores de desempenho representam um conjunto de informações que possibilitam a gestão da competitividade do sistema de manufatura.

5.2. Como os custos são afetados pela velocidade do fluxo

A primeira pergunta a ser respondida é se os custos dos produtos são, de fato, afetados pela velocidade do fluxo de produção. Na literatura antiga deste trabalho, isso é discutido

CAPÍTULO 5

OS SISTEMAS DE CUSTEIO E A VELOCIDADE DO FLUXO DE PRODUÇÃO

5.1. Introdução

Grande parte da razão pela qual a velocidade do fluxo de produção não recebe a devida atenção esta no fato de que as vantagens de um fluxo rápido não são refletidas adequadamente nos sistemas de custeio tradicional.

Neste capítulo será discutido como os custos são afetados pela velocidade do fluxo de produção, será rapidamente revista a questão dos sistemas de custeio, verificar-se-á por que os sistemas de custeio tradicional deixam à margem a questão da velocidade e será demonstrado de que maneira este problema pode ser superado.

5.2. Como os custos são afetados pela velocidade do fluxo

A primeira pergunta a ser respondida é se os custos dos produtos são, de fato afetados pela velocidade do fluxo de produção. No desenvolvimento deste trabalho ficou demonstrado

que existe uma relação direta entre o tempo de atravessamento e o estoque em processo, refletida na expressão 5.1.

$$\text{Tempo de Atravessamento} = \frac{\text{Estoque em Processo}}{\text{Taxa de Produção}} \quad [5.1]$$

Quanto maior o tempo de atravessamento, maior o estoque em processo - é uma idéia diversas vezes apresentada ao longo da dissertação. Portanto, aumentar a velocidade do fluxo de produção (o mesmo que diminuir o tempo de atravessamento) resulta em reduzir o estoque em processo. Reduzir o estoque em processo, por sua vez, traz os seguintes benefícios:

- reduz a área dedicada a armazenagem e, por conseguinte, custos ligados a iluminação, limpeza, manutenção, amortização de equipamentos, aluguéis, depreciação, etc.;
- diminui perdas por obsolescência resultante de modificações no produto e, portanto, custos ligados a sucateamento e retrabalhos;
- reduz a necessidade de capital de giro reduzindo, portanto, o custo de oportunidade;
- reduz a necessidade de administração - menos material, menos esforço administrativo associado - implicando em redução de custos com pessoal.

Estando claro que a velocidade do fluxo afeta os custos, cabe agora responder a seguinte pergunta : Os sistemas de custeio são capazes de refletir esta ligação? Esta questão é objeto do tópico seguinte.

5.3. Os Sistemas de Custeio.

No **custeio por absorção**, o mais tradicional, os custos são classificados como diretos ou indiretos - os custos diretos são aqueles perfeitamente identificáveis com cada produto ou lote (mão de obra direta, matéria prima, energia consumida na fabricação, etc.) , os indiretos são os não diretamente ligados ao produto, mas necessários para a realização da produção (administração, materiais indiretos, iluminação , depreciação, manutenção, etc.). Para obter os custos de cada lote ou produto, lhe são imputados seus custos diretos e os indiretos são rateados entre as diversas linhas, lotes ou produtos utilizando-se um critério arbitrário, normalmente a mão de obra direta aplicada (Martins, 1991). Como, em função da modernização, a mão de obra representa um percentual cada vez menor do custo total

ocorrem distorções que, muitas vezes resultam em decisões gerenciais equivocadas, principalmente em relação a formação de preços e conservação ou não de linha de produtos (Miller e Volmann, 1985).

O custeio por absorção não rateia os custos associados ao estoque em processo de forma consistente pois os critérios normalmente utilizados não tem aderência com o real consumo de recursos. Alterações no tempo de atravessamento de um produto ou linha específica, embora resultem em modificações no custo, não necessariamente serão refletidas no custo apurado daquele produto ou linha.

O **custeio direto** (ou custeio variável) é uma forma mais consistente de suportar decisões gerenciais. Neste sistema os custos são divididos em fixos e variáveis. Os custos variáveis são aqueles que só ocorrem quando a produção é realizada e são perfeitamente imputáveis a um produto ou lote. Neste sistema os custos fixos, que em maioria são os custos indiretos, não são rateados e surge o conceito de margem de contribuição. Margem de contribuição é a diferença entre o total de custos variáveis (incluídas as despesas de comercialização, os materiais indiretos, etc.) e o faturamento resultante da venda do produto (deduzidos os impostos). Da margem de contribuição obtida devem surgir os recursos para cobertura dos custos fixos e obtenção do lucro (Martins, 1991).

O custeio direto, embora seja uma ferramenta mais poderosa em termos gerenciais por não utilizar critérios arbitrários de rateio, ainda assim não incorpora informações a respeito da velocidade do fluxo de produção. Na verdade, os custos associados ao estoque em processo estarão classificados como custos fixos, sem que o sistema de custeio suporte qualquer sugestão de melhoria.

Como exemplo, imagine-se dois produtos produzidos pela mesma empresa na mesma planta. São produtos semelhantes mas diferem em alguns aspectos.

O produto 1 é fabricado a partir de matérias primas de rápida obtenção, é fabricado em uma linha de produção contínua, com tempo de atravessamento de dois dias, tem demanda constante e previsível ao longo do ano. Requer duas horas de mão de obra direta.

O produto 2 é tem seus componentes importados da Dinamarca, o que leva à necessidade de formação de estoques de segurança, visando evitar faltas decorrentes de atrasos de transporte ou de despacho aduaneiro. Mesmo assim, com certa frequência a produção é interrompida por falta de um ou outro componente, provocando a formação de indesejáveis estoques de semi acabados. Sua demanda é relativamente imprevisível, gerando a necessidade da formação de estoques de produtos acabados. Em virtude da sua produção

ser realizada em um arranjo físico funcional, seu tempo de atravessamento é dez vezes maior que o do produto 1, embora a quantidade de horas aplicadas seja a mesma. O preço das matérias primas dos dois produtos é o mesmo, já incluídas as despesas de importação dos componentes do produto 2.

Os custos apurados através dos dois sistemas de custeio mencionados acima seriam os mesmos para os dois produtos, embora, obviamente, o produto 1 requeira muito mais ação administrativa e onere a empresa com estoques de produto acabado e semi acabado.

Este exemplo deixa patente a ineficiência dos sistemas de custeio tradicionais para suportar decisões executivas e dar elementos adequados para melhorias de desempenho empresarial.

Já em meados dos anos 80, surge um ferramental que pretende suprir esta deficiência. Trata-se do **custeio ABC** (*activity based costing*) ou Custeio Baseado em Atividade. Este tipo de custeio aloca os custos de produção baseado nas atividades envolvidas nos processos, tais como preparação de ordens, tempos de estocagem, tempo de espera, movimentação, envolvimento da engenharia e outras (Ostrenga, 1993).

A base para a efetivação do custeio ABC é a **Análise de Valor dos Processos** (PVA), apresentada no próximo tópico.

5.4. Análise de Valor dos Processos



A análise de valor dos processos consiste em um exame cuidadoso da estrutura real de custos da fábrica, sua classificação e posterior alocação aos produtos que de fato geram aqueles custos.

Beishel (1990), propõe uma sistemática de cinco passos para efetivação desta análise, que passamos a apresentar.

Passo 1 : Preparação de fluxogramas

Todo o processo de fabricação de um dado produto deve ser cuidadosamente documentado, a partir da entrada de matérias primas. Não basta examinar os documentos da engenharia de processos, pois eles normalmente são incompletos e imprecisos, deixando de registrar diversas atividades que ocorrem no processo de fabricação. O ideal é percorrer todo o fluxo, registrando os fatos todos, como manuseio de materiais, tempos de espera, tempos

de processamento, retrabalhos, etc.. Deve-se então preparar um fluxograma para cada fase da produção, demonstrando-se visualmente como o produto se movimenta na fábrica.

O tempo de permanência em cada fase deve ser cuidadosamente registrado. O tempo é um ótimo indicativo do consumo de recursos.

Passo 2 : Classificação das fases de manufatura como adicionadoras de valor (VA) ou não adicionadoras de valor (NVA).

Uma fase do processo produtivo é considerada VA se é necessária do ponto de vista do cliente, se aproxima o produto das características que ele deseja. Uma fase é considerada como NVA, se não é requerida do ponto de vista do cliente e existe em função um ineficiência da empresa. O processo de classificar as fases como VA ou NVA leva a um melhor entendimento da formação dos custos trazendo o ponto de vista do cliente para o estudo dos processos geradores de custos. O cliente, por exemplo não tem qualquer interesse em que determinado componente permaneça armazenado por três semanas antes de ser incorporado ao produto final - armazenagem é uma atividade NVA. Por outro lado, se o produto não receber embalagem adequada, o consumidor provavelmente buscará outro fornecedor - embalagem é uma atividade VA.

A figura 5.1, extraída de **Beishel (1990)** demonstra quanto tempo um certo produto permanece em cada fase da produção, classificando cada uma como VA ou NVA. Neste caso específico, extraído da realidade conseguiu-se uma redução de 20 para 10 dias no tempo total das atividades, reduzindo a duração das atividades NVA.

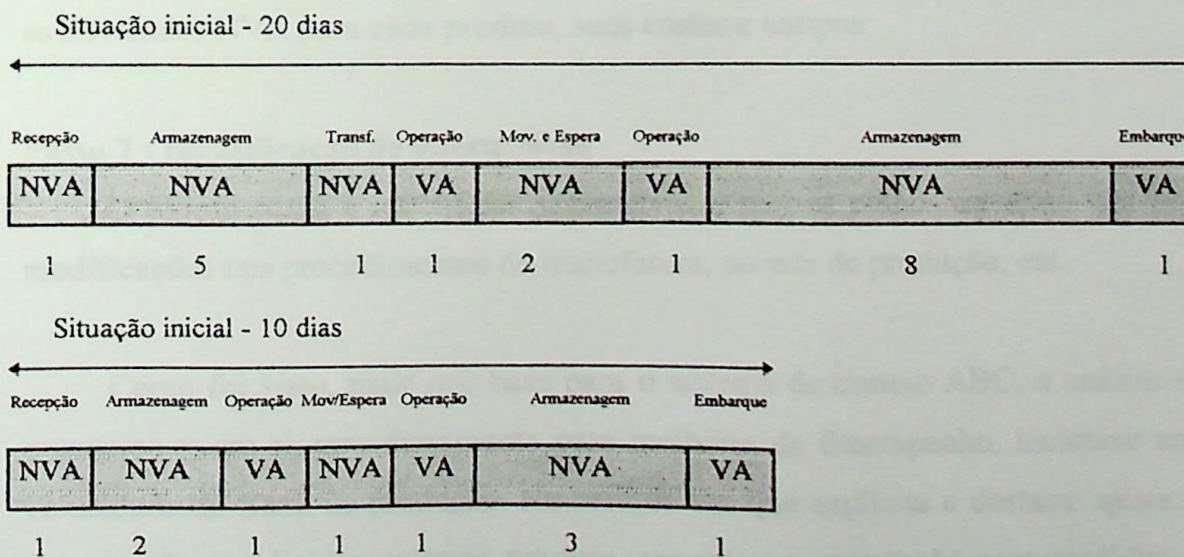


Figura 5.1 - Seqüência de atividades VA e NVA

Passo 3 : Procure as causas básicas

Depois de documentar o processo de fabricação, deve-se pesquisar junto ao pessoal diretamente envolvido nos processos quais são as verdadeiras causas que levaram à existência das atividades NVA.

Passo 4 : Aplicação dos custos departamentais às fases do processo (custeio das atividades)

Novamente em conjunto com o pessoal envolvido nos processos, deve-se agora alocar os custos de cada departamento às fases do processo, com base em critérios que estejam associados ao real consumo de recursos - estes critérios são chamados de direcionadores de primeiro estágio. Nesta fase, parte das informações associadas à velocidade do fluxo podem ser incorporadas, visto que os custos departamentais estão ligados a área ocupada, amortização de equipamentos, gastos de iluminação, pessoal, etc.

Passo 5 : Aplicação dos custos aos produtos (custeio das objetos)

Aplica-se, então, os custos apurados em cada fase do processo aos produtos que usam aquela fase, também com base em direcionadores de custo selecionados. Neste passo, os tempos que os produtos permanecem em cada fase do processo são uma base importante para alocação de custos, razão pela qual este sistema passa a incorporá-los como dados relevantes.

Passo 6 : Sumarização das informações obtidas

A organização das informações obtidas deve ser feita de forma a deixar claro, quais são as atividades NVA para cada produto, seus custos e tempos.

Passo 7 : Identificação de alternativas

O último passo é identificar alternativas e sugerir planos de ação, que podem incluir modificações nos procedimentos de manufatura, no *mix* de produção, etc..

Como foi visto, mais que base para o sistema de custeio ABC, a análise de valor dos processos é, em si, uma ferramenta para melhoria de desempenho, inclusive em termos de velocidade do fluxo de produção. Na medida em que explicita e destaca quais são as fases em que não se adiciona valor ao produto, serve como orientação para medidas que levem à redução no tempo de atravessamento. Também, ao se ratear os custos aos produtos com base

no consumo real de recursos, ficam incorporadas as informações referentes ao tempo de atravessamento. Assim, o custeio das atividades, inclusive a de armazenagem, fornece um importante “*feedback*” para avaliação dos resultados dos esforços envidados para melhoria dos processos (Pamplona, 1997)

5.5. A Visão da Teoria das Restrições

O sistema ABC veio contribuir na questão das metodologias de custeio na medida em que estabelece critérios de rateio consistentes com o real consumo de recursos. Na interpretação dos partidários da Teoria das Restrições (Goldratt, 1991 e Corbett, 1997), entretanto, o problema não se situa na eleição de critérios de rateio inadequados, mas no fato de se ratear os custos. Segundo esta visão, o erro da contabilidade de custos é supor que altas eficiências locais levam ao ótimo global, isto é, se o desempenho individual de todos os elos de uma cadeia for maximizado, o ótimo global será atingido. Os direcionadores de custo do ABC estimulam os administradores a otimizar cada elo da corrente, na expectativa de que este esforço resulte na maximização do desempenho global.

Segundo a Teoria das Restrições, reduzir o custo de um produto não necessariamente aumenta o lucro da empresa. A preocupação na apuração de custos dispersa os esforços administrativos, tornando ainda mais difícil administrar a empresa. Ainda de acordo com os seguidores de Goldratt, importa, como mencionado no capítulo 5, concentrar no Ganho, no Inventário, e na Despesa Operacional - neste caso, os aspectos relativos à velocidade estariam cobertos nos dois últimos. O inventário incorpora a questão do custo de oportunidade e a despesa operacional outros custos relativos ao estoque em processo.

5.6. Conclusão

O ferramental do custeio ABC traz, sem dúvida, importante contribuição à consideração dos aspectos da velocidade do fluxo produtivo através da contabilidade de custos, preenchendo lacuna deixada pelos sistemas de custeio direto e custeio por absorção. Por outro lado, a contraposição apresentada pela teoria das restrições é bastante pertinente - de que vale realocar os custos se o resultado da empresa não for alterado?

Este trabalho defende a idéia que o custeio ABC se torna importante, neutralizando a oposição apresentada pela teoria das restrições, na medida em que é utilizado como uma ferramenta de melhoria, o que pode ser conseguido através da análise de valor dos processos.

CAPÍTULO 6

GESTÃO DA MANUFATURA PARA UM FLUXO RÁPIDO

Introdução

O objetivo principal deste capítulo é fornecer elementos que tornem a gestão de produção do fluxo de produção. A partir sobre o campo da gestão de produção, o conceito de produção orientada para o cliente, o sistema de controle de estoque, a hierarquia de gestão, o uso de cartões de controle, a gestão de lotes, a subseqüência de operações e o controle sobre as cargas são os elementos essenciais para a realização desta gestão.

Segundo Burbidge (1975) são cinco os princípios essenciais baseados por um sistema de controle de produção:

- entrega aos clientes pontual;
- tempo de fabricação mínimo;
- mínimo tempo ocioso das máquinas;
- mínimo tempo ocioso dos operadores;
- mínimo tempo de preparação.

Tais objetivos são, em muitos aspectos, os objetivos sobre os quais os sistemas que a administração de fluxo de produção se baseia e todos os demais. O primeiro passo fundamental para que se obtenha os cinco princípios básicos, ainda que em determinado dos demais, de

CAPÍTULO 6

GESTÃO DA MANUFATURA PARA UM FLUXO RÁPIDO

6.1. Introdução

O objetivo principal deste capítulo é fornecer elementos que permitam a gestão da velocidade do fluxo de produção. A ação sobre o tempo de operação individual, o controle de produção orientado para a carga, o sistema de emissão de ordens, a tecnologia de grupo, o tipo de arranjo físico, a quebra de lotes, a sobreposição de operações e o controle sobre os gargalos são os elementos abordados para a efetivação desta gestão.

Segundo **Burbidge** (1983) são cinco os principais objetivos buscados por um sistema de controle de produção:

- entregas nas datas previstas;
- tempo de fabricação mínimo;
- mínimo tempo ocioso das máquinas;
- mínimo tempo ocioso dos operadores e;
- mínimo tempo de preparação.

Tais objetivos são, em muitos aspectos, incompatíveis entre si e é importante que o administrador defina o peso a ser dado a cada um deles. O próprio autor referenciado propõe que se privilegie os dois primeiros objetivos, ainda que em detrimento dos demais, de

maneira a que, ao se priorizar a obtenção de um tempo de fabricação (ou tempo de atravessamento) mínimo, se reduza também o investimento em estoques de material em processo. A crença freqüentemente arraigada na mente dos administradores de que ao manter todos os equipamentos e homens ocupados permanentemente leva necessariamente a um bom resultado financeiro para a empresa conduz, normalmente, a uma situação de estoques elevados, longos tempos de atravessamento e desempenho medíocre no que se refere a pontualidade de entregas. Para **Burbidge** (1983), tempos de fabricação muito mais baixos são possíveis quando se utiliza a tecnologia de grupo e emissão de ordens de ciclo simples. No desenvolvimento deste capítulo estes tópicos serão abordados.

Conforme apresentado no tópico 2.2, atuar sobre a velocidade do fluxo de produção é o mesmo que atuar sobre o tempo de atravessamento. O primeiro passo, portanto, para a capacitação visando um gerenciamento eficaz da velocidade do fluxo produtivo é obter compreensão sobre os componentes do tempo de atravessamento dos produtos em elaboração na fábrica. No tópico 2.3 são definidas as parcelas que compõe o tempo de atravessamento. Retornando a esta análise, apresenta-se novamente esquema visual adaptado de **Blackstone** (1989) com explosão do tempo de atravessamento sugerida por este trabalho:

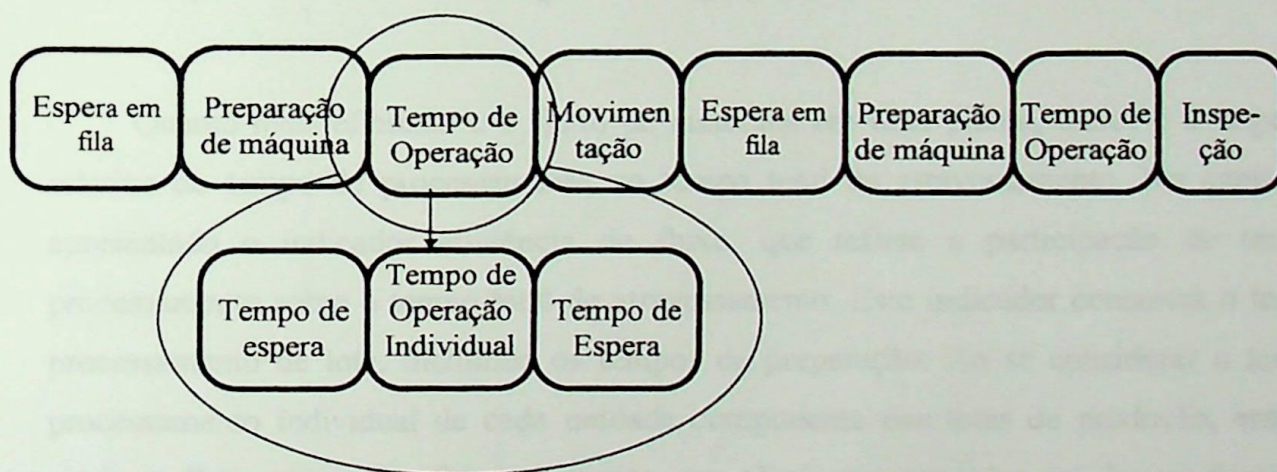


Figura 2.2 - Esquema visual do tempo de atravessamento - Reprodução

Como foi visto, o tempo de atravessamento de um material na fábrica é composto das seguintes parcelas:

1. Tempo de espera em fila, no qual o lote ao qual pertence o material permanece aguardando o momento de ser processado;
2. Tempo de preparação de máquina, no qual o material fica aguardando;

3. Tempo de movimentação entre um posto de trabalho e outro;
4. Tempo de inspeção de qualidade;
5. Tempo de processamento ou operação que, por sua vez, pode ser dividido nos seguintes componentes:
 - 5.1. Tempo de espera no qual outros componentes do mesmo lote estão sendo processados;
 - 5.2. Tempo de operação individual, que pode, por sua vez, ser decomposto em conteúdo básico do trabalho e tempo ineficaz total ;
 - 5.3. Tempo de espera no qual o material, já processado em determinado posto, aguarda que os outros componentes do mesmo lote sejam processados para que seja feita a transferência para o posto de trabalho seguinte.

Atuar sobre o tempo total de atravessamento implica em atuar sobre uma ou mais das parcelas apresentadas. Neste capítulo pretende-se apresentar modos possíveis de ação sobre a velocidade do fluxo produtivo.

6.2. Ação sobre o tempo de operação individual

Quanto mais eficiente é o fluxo de materiais em uma planta, maior é a importância relativa do tempo de processamento no tempo total de atravessamento. No capítulo 4 é apresentado o indicador eficiência de fluxo, que reflete a participação do tempo de processamento sobre o tempo total de atravessamento. Este indicador considera o tempo de processamento de lote, incluindo os tempos de preparação. Ao se considerar o tempo de processamento individual de cada unidade componente dos lotes de produção, entende-se ainda melhor que, muito frequentemente, em plantas organizadas em *layout* funcional, o tempo em que realmente se agrega valor ao estoque em processo representa uma parcela pequena do tempo que o material permanece na fábrica. Já em arranjos do tipo fluxo, o tempo de operação tende a representar uma parcela significativa do tempo total de atravessamento. Por outro lado, atuar sobre os tempos de operação representa, frequentemente, atuar sobre medidas de produtividade, visto que reduzir tempo de operação significa poder alocar menos recursos produtivos (horas-homem e horas-máquina a uma tarefa). A exceção se apresenta quando se tornam simultâneas tarefas que antes eram realizadas em tempos diferentes,

situação em que se pode reduzir o tempo de operação individual sem que haja reduções na quantidade de horas-homem ou horas-máquina aplicadas. Voltar-se-á a esta questão ao final deste tópico.

Na figura 2.3, extraída de **Kanawaty** (1992) e já apresentada no capítulo 2, estão destacados os componentes do tempo total de operação. Segundo a visão do autor, ao tempo ideal em que se poderia realizar uma tarefa, correspondente ao conteúdo básico do trabalho soma-se o tempo ineficaz total - justamente onde reside o potencial para melhorias.

Não é objetivo deste trabalho uma análise mais profunda sobre métodos para melhoria de produtividade. Serão apenas listados os principais pontos a serem atacados em um programa que pretenda melhorar os níveis de produtividade, isto é, que pretenda reduzir a quantidade de horas-homem ou horas-máquina aplicados na obtenção dos produtos, o que reflete no tempo de atravessamento.

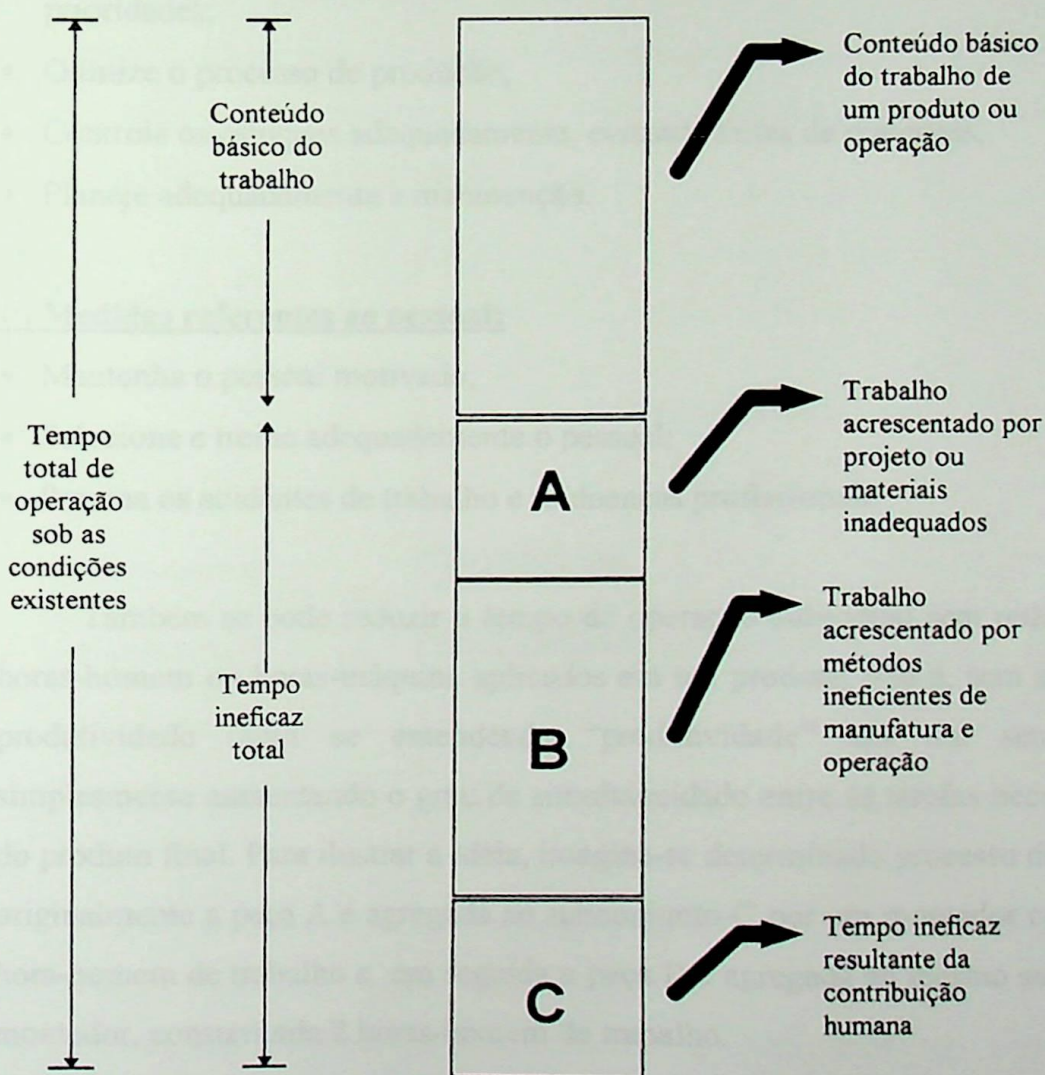


Figura 2.3 - Decomposição do tempo total de operação - Reprodução

A. Medidas referentes ao produto:

- Padronize os componentes;
- Elimine componentes;
- Evite modificações freqüentes de projeto;
- Especifique adequadamente a matéria prima;
- Evite tolerâncias desnecessariamente rigorosas;
- Evite tolerâncias inadequadamente “frouxas”.

B. Medidas referentes à manufatura e operação:

- Otimize o *layout*, evitando movimentação desnecessária;
- Selecione métodos adequados de movimentação;
- Faça uma boa programação de produção, evitando paradas freqüentes e mudanças de prioridades;
- Otimize o processo de produção;
- Controle os estoques adequadamente, evitando faltas de materiais;
- Planeje adequadamente a manutenção.

C. Medidas referentes ao pessoal:

- Mantenha o pessoal motivado;
- Selecione e treine adequadamente o pessoal;
- Previna os acidentes de trabalho e as doenças profissionais.

Também se pode reduzir o tempo de operação individual sem reduzir a quantidade de horas-homem ou horas-máquina aplicados em um produto, isto é, sem afetar as medidas de produtividade (aqui se entendendo “produtividade” em um sentido mais estrito) simplesmente aumentando o grau de simultaneidade entre as tarefas necessárias na obtenção do produto final. Para ilustrar a idéia, imagine-se determinado processo de montagem em que originalmente a peça A é agregada ao subconjunto C por um montador com a aplicação de 1 hora-homem de trabalho e em seguida a peça B é agregada ao mesmo subconjunto por outro montador, consumindo 2 horas-homem de trabalho.

SITUAÇÃO 1

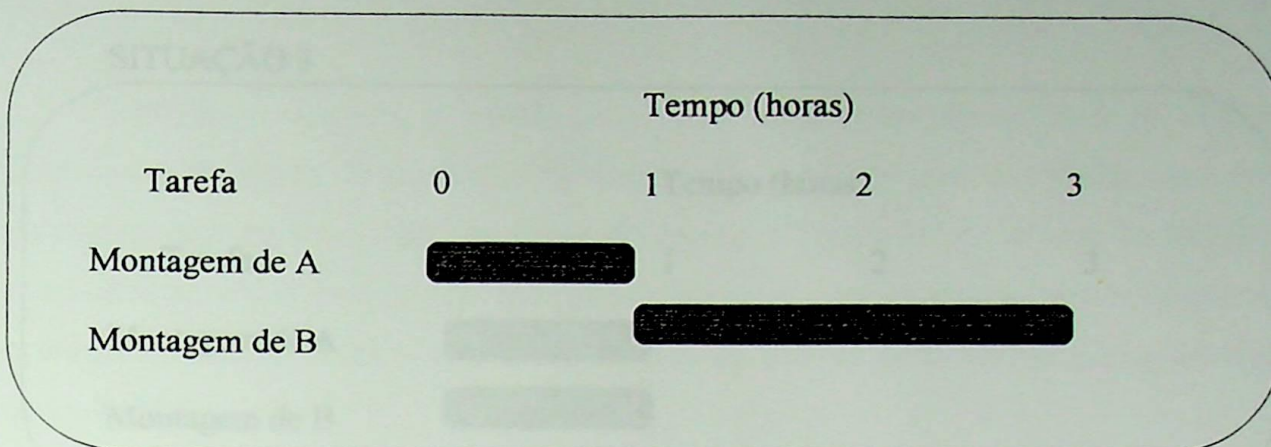


Figura 6.1 - Tempo de montagem de conjunto - situação 1

Neste caso, o tempo de operação total é de 3 horas, para a montagem do subconjunto e o são aplicadas 3 horas-homem no processo.

Imaginando-se que não haja restrição em termos de processo, ao tornarmos simultâneas as montagens dos componentes A e B obtemos a seguinte situação, ainda mantendo apenas dois montadores envolvidos nas tarefas.

SITUAÇÃO 2

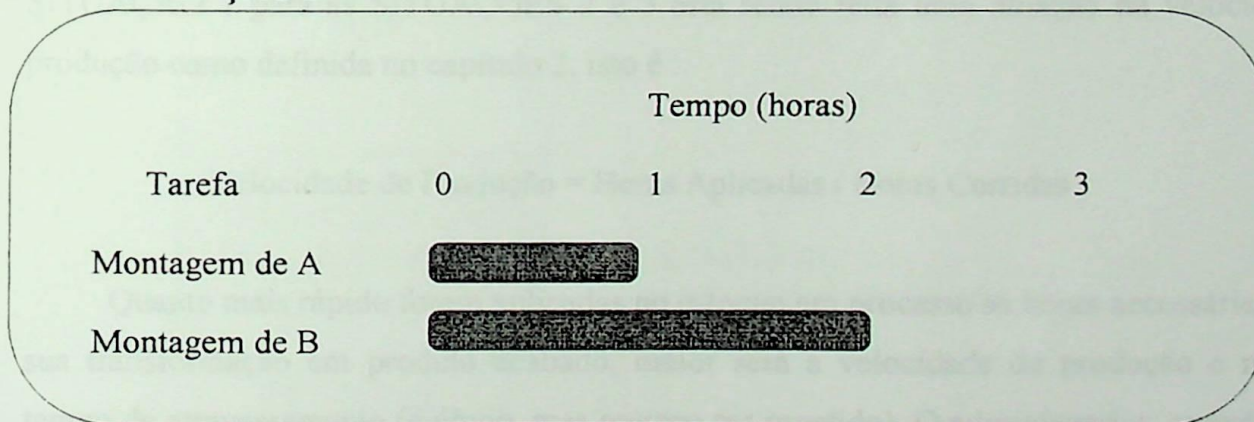


Figura 6.2 - Tempo de montagem de conjunto - situação 2

Como pode ser observado, o tempo de operação se reduziu a 2 horas e continuam sendo aplicadas 3 horas-homem na execução das tarefas.

Novamente alterando os procedimentos e ainda admitindo compatibilidade com o processo de produção, vamos agora alocar 2 operários para a montagem de B e admitir que assim o tempo de execução desta tarefa fica reduzido à metade.

SITUAÇÃO 3

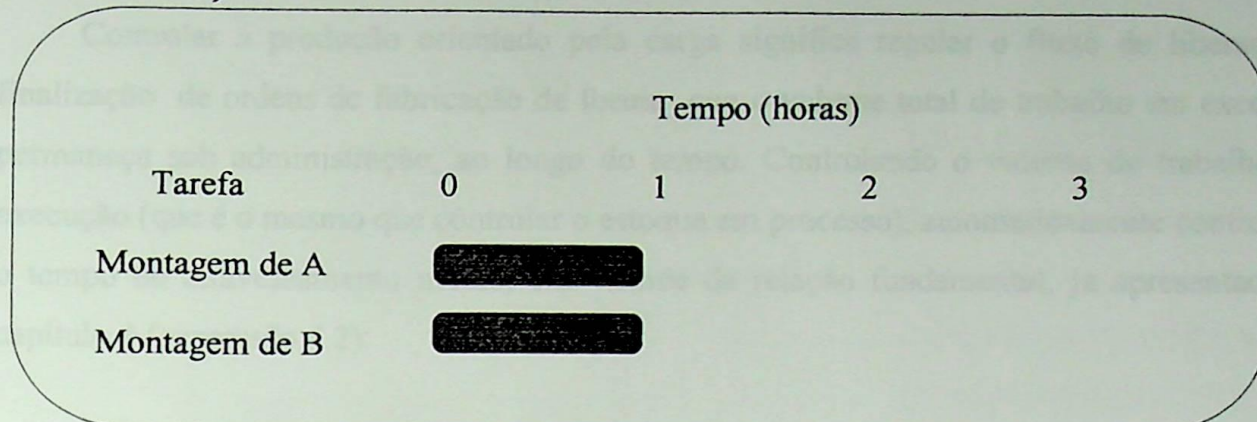


Figura 6.3 - Tempo de montagem de conjunto - situação 3

Agora o tempo de operação se reduziu a 1 hora e, embora estejam agora envolvidos três montadores no processo, o número de horas-homem aplicado no processo permanece o mesmo.

Portanto, quando o processo comporta, aumentar o grau de simultaneidade na execução de tarefas resulta em um menor tempo de atravessamento. Na verdade, ao migrar da SITUAÇÃO 1 para as SITUAÇÕES 2 e 3 esta sendo feita uma atuação na velocidade de produção como definida no capítulo 2, isto é :

$$\text{Velocidade de Produção} = \text{Horas Aplicadas} / \text{Horas Corridas}$$

Quanto mais rápido forem aplicadas no estoque em processo as horas necessárias para a sua transformação em produto acabado, maior será a velocidade de produção e menor o tempo de atravessamento (é óbvio, mas merece ser repetido). O administrador, quando busca minimizar o estoque em processo e o tempo de atravessamento, deve planejar a alocação máxima de recursos que cada tarefa comporta, naturalmente estabelecida previamente uma taxa de produção possível tendo em vista a limitação imposta pelo recurso gargalo.

6.3. Controle orientado para a carga

Controlar a produção orientado pela carga significa regular o fluxo de liberação e finalização de ordens de fabricação de forma que o volume total de trabalho em execução permaneça sob administração, ao longo do tempo. Controlando o volume de trabalho em execução (que é o mesmo que controlar o estoque em processo), automaticamente controla-se o tempo de atravessamento médio, em virtude da relação fundamental, já apresentada no capítulo 4 (expressão 4.2):

$$\text{Tempo de Atravessamento} = \frac{\text{Estoque em Processo}}{\text{Taxa de Produção}}$$

Para entender melhor esta questão, é útil retornar ao modelo do funil, extraído de Bechte (1988) e já apresentado no capítulo 2.

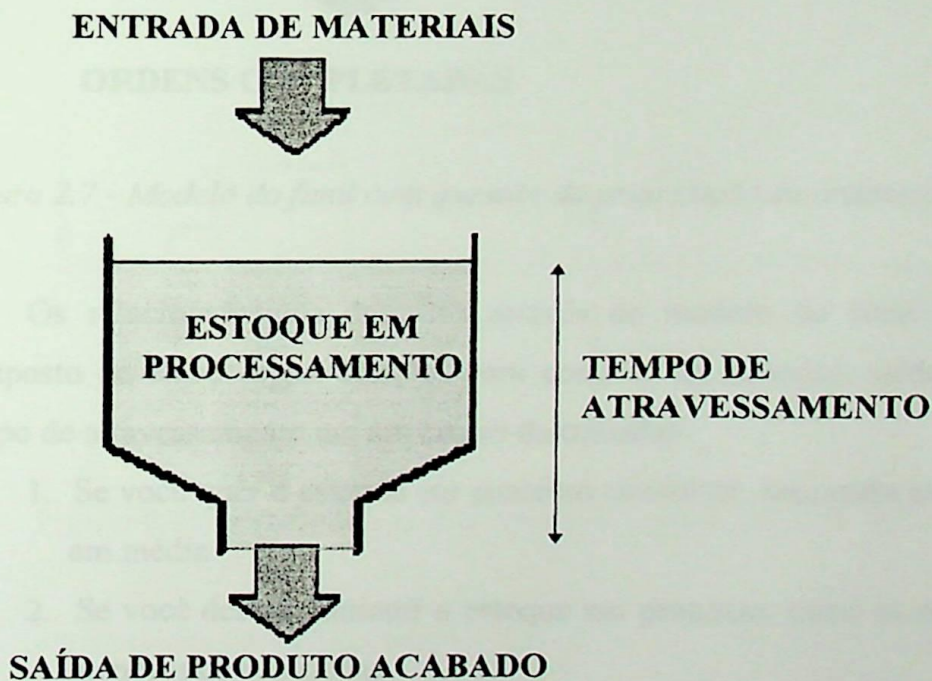


Figura 2.6 - Representação da produção como um funil - reprodução

Uma sobrecarga leva à competição entre as ordens em espera e a sequenciação se torna cada vez mais errática. As prioridades poderão ser bem diferentes da seqüência natural obtida através da regra FIFO (*First In, First Out* - Primeira Liberada, Primeira Executada) e o grau

de prioridade das ordens pode ser classificado de acordo com a figura abaixo, já apresentada no capítulo 2.

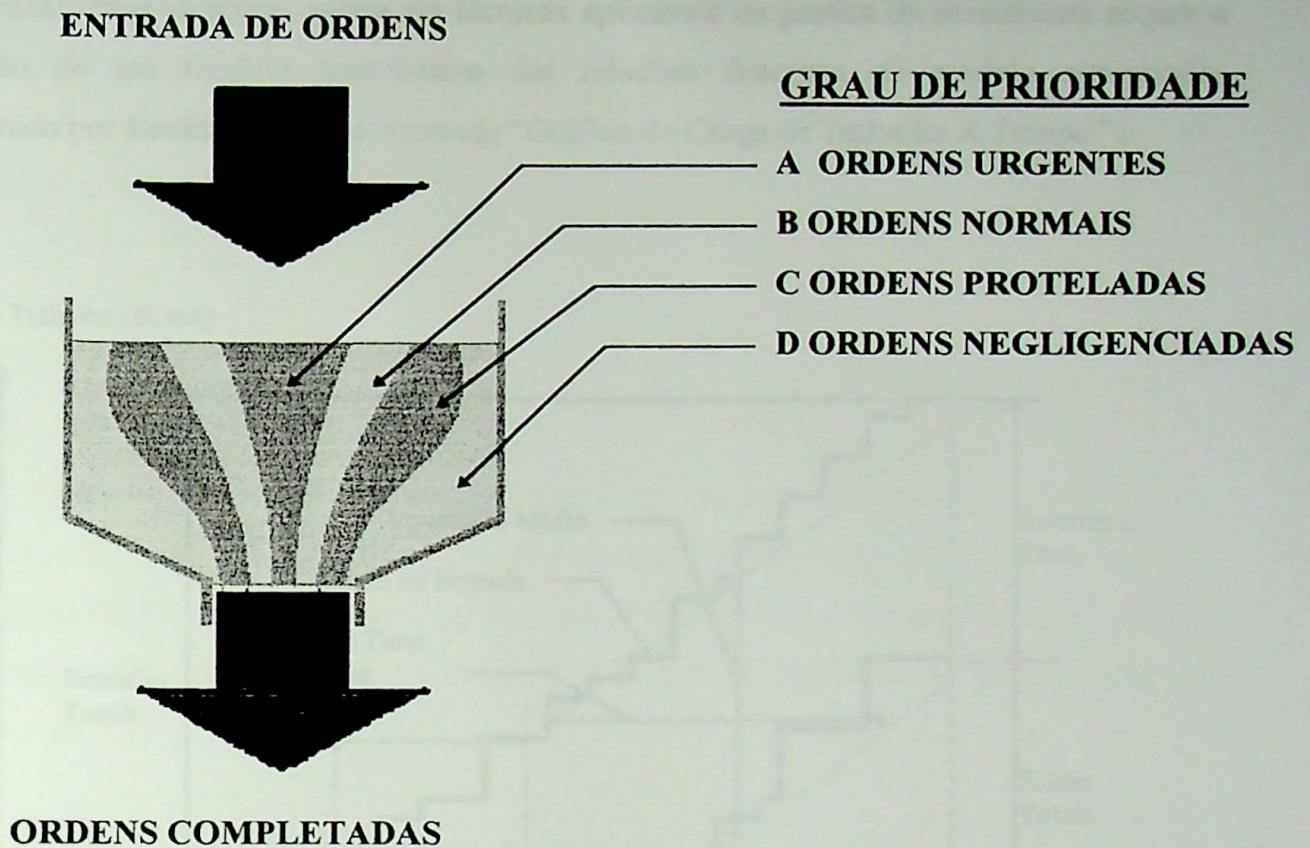


Figura 2.7 - Modelo do funil com questão da priorização de ordens incorporada -reprodução

Os relacionamentos descritos através do modelo do funil levam a um algoritmo composto de cinco regras simples para controle de entradas, saídas, estoque em processo tempo de atravessamento em um centro de trabalho:

1. Se você quer o estoque em processo constante, mantenha as entradas e saídas iguais em média.
2. Se você deseja diminuir o estoque em processo, torne as entradas temporariamente menores que as saídas.
3. Se você deseja atingir um dado nível de tempo de atravessamento, ajuste as saídas (Taxa de Produção) e o estoque em processo de acordo com a expressão (4.2):

$$\text{Tempo de Atravessamento} = \frac{\text{Estoque em Processo}}{\text{Taxa de Produção}}$$

4. Se você deseja que os tempos de atravessamento individuais sejam tão uniformes quanto possível, use a regra FIFO - primeira ordem que é liberada é a primeira a ser executada.

Transformar as regras acima em técnicas aplicáveis na prática da manufatura requer a utilização de um modelo quantitativo das relações descritas. O modelo apropriado, apresentado por **Bechte** (1988), é chamado "Gráfico da Carga de Trabalho X Tempo".

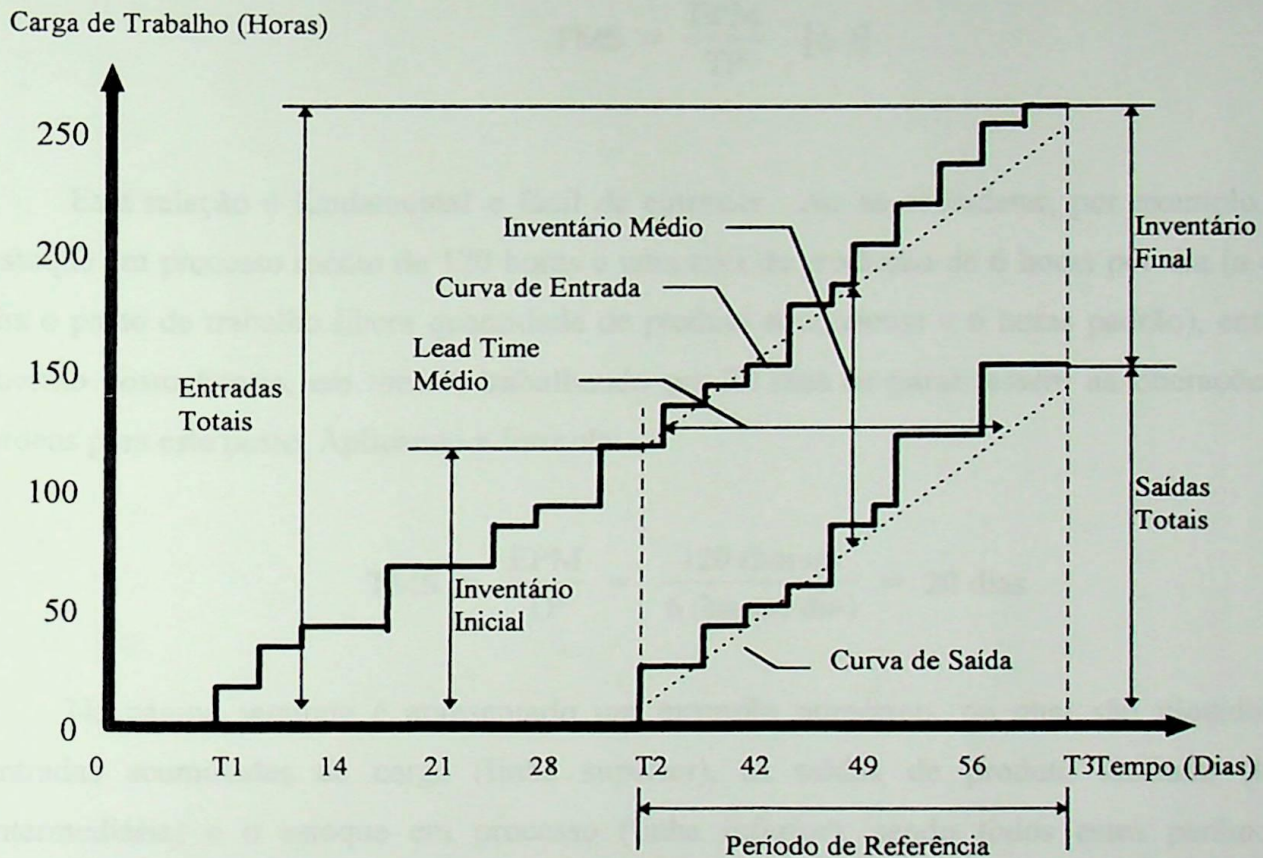


Figura 6.4 - Gráfico carga de trabalho X tempo (Bechte, 1988)

As unidades de medida usadas são horas para a carga de trabalho e dias para o tempo corrido. Desta forma, o inventário, ou estoque em processo, é quantificado em termos de horas padrão aplicadas nas ordens de produção liberadas para fabricação. Cada liberação de ordem para a fábrica é representada por um segmento de reta vertical na curva de entradas. Cada encerramento de ordem é representado por um segmento de reta vertical na curva de saídas. Cada segmento de reta horizontal nas curvas de entrada e saída representa o intervalo de tempo decorrido entre duas liberações ou encerramentos de ordens consecutivos.

Como é possível verificar no gráfico, existe uma flutuação das distâncias entre as duas curvas, tanto na direção vertical como na horizontal.

A distância vertical em determinada data representa o estoque em processo naquele momento, quantificado em horas aplicadas. O índice obtido pela divisão do estoque em processo médio (EPM) pela taxa de produção (TP) é chamado de tempo médio de suprimento (TMS) e representa o tempo em que o posto de trabalho permanecerá ocupado se não houverem novas liberações de ordens.

$$\text{TMS} = \frac{\text{EPM}}{\text{TP}} \quad [6.1]$$

Esta relação é fundamental e fácil de entender. Ao se considerar, por exemplo, um estoque em processo médio de 120 horas e uma taxa de produção de 6 horas por dia (a cada dia o posto de trabalho libera quantidade de produto equivalente a 6 horas padrão), então o mesmo posto ficaria, em média, trabalhando por 20 dias se paralisassem as liberações de ordens para este posto. Aplicando a fórmula:

$$\text{TMS} = \frac{\text{EPM}}{\text{TP}} = \frac{120 \text{ (horas)}}{6 \text{ (horas / dia)}} = 20 \text{ dias}$$

Na página seguinte é apresentado um exemplo numérico, no qual são plotados as entradas acumuladas de carga (linha superior), as saídas de produto acabado (linha intermediária) e o estoque em processo (linha inferior), sendo todos estes parâmetros expressos em termos de horas-padrão de processamento.

| DATAS | 170 | 171 | 172 | 173 | 174 | 175 | 176 | 177 | 178 | 179 | 180 | 181 | 182 | 183 | 184 | 185 | 186 | 187 | 188 | 189 | 190 | 191 | 192 |
|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ENTRADAS NO PROCESSO - HORAS | 10 | 15 | 12 | 2 | 54 | 8 | 25 | 1 | 23 | 14 | 22 | 22 | 11 | 10 | 5 | 14 | 11 | 10 | 5 | 2 | 22 | | |
| HORAS ACUMULADAS - ENTRADA | 25 | 40 | 40 | 52 | 54 | 62 | 87 | 87 | 88 | 111 | 125 | 147 | 161 | 161 | 172 | 182 | 187 | 187 | 189 | 211 | | | |
| SAIDAS DO PROCESSO - HORAS | 10 | 10 | 10 | 10 | 12 | 15 | 2 | 25 | 8 | 1 | 14 | 23 | 14 | 22 | 11 | 10 | 5 | 2 | | | | | |
| HORAS ACUMULADAS - SAIDA | 10 | 10 | 10 | 22 | 37 | 39 | 39 | 64 | 72 | 72 | 73 | 87 | 110 | 124 | 146 | 157 | 167 | 172 | 174 | | | | |
| ESTOQUE EM PROCESSO - HORAS | 15 | 30 | 30 | 42 | 32 | 17 | 23 | 48 | 48 | 24 | 39 | 53 | 52 | 60 | 37 | 51 | 37 | 26 | 25 | 20 | 15 | 17 | 37 |

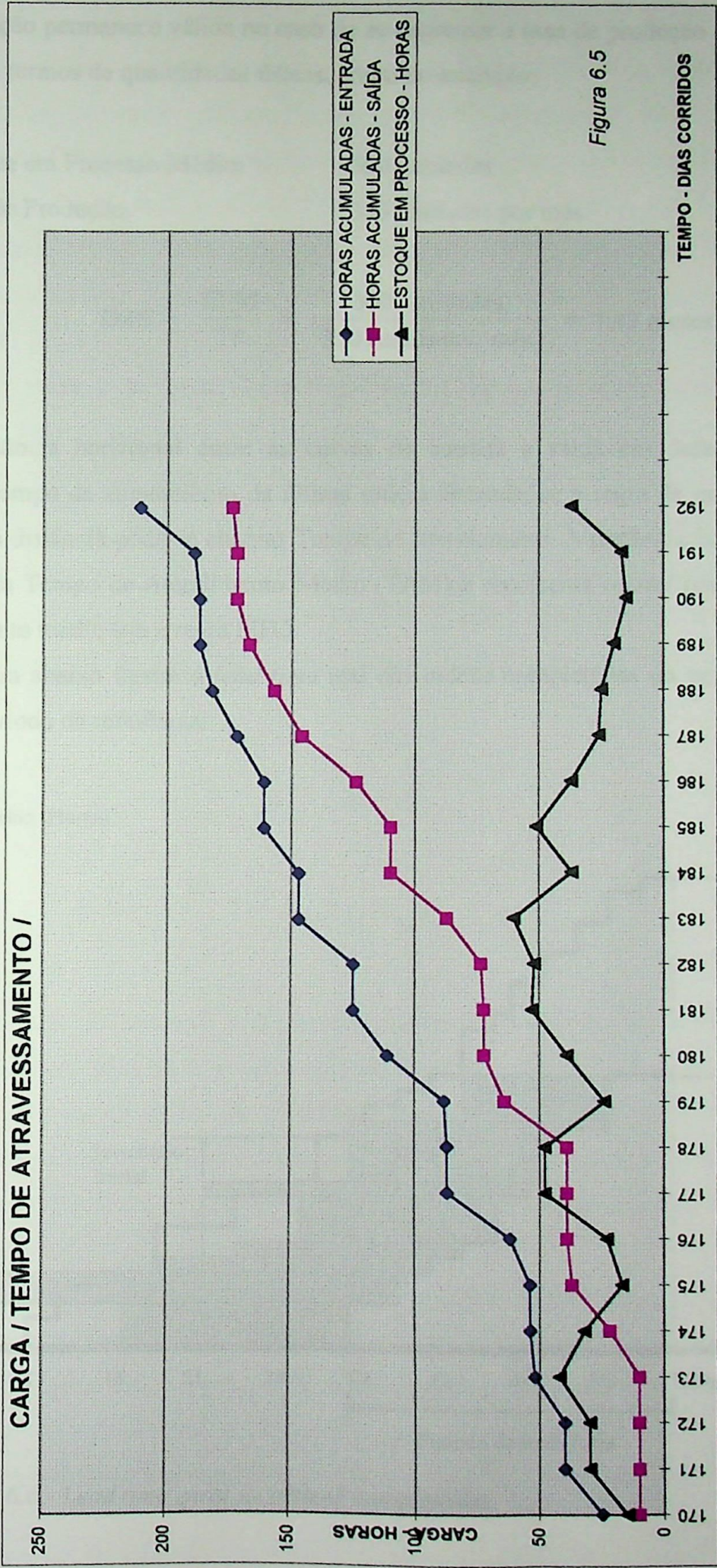


Figura 6.5

NESTE GRÁFICO PLOTAMOS AS ENTRADAS E SAÍDAS ACUMULADAS DE CARGA EM UM PROCESSO INDUSTRIAL, SENDO AMBAS EXPRESSAS EM TERMOS DE HORAS DE TRABALHO. A DIFERENÇA ENTRE ENTRADAS ACUMULADAS E SAÍDAS ACUMULADAS RESULTA NO ESTOQUE EM PROCESSO. O ENTENDIMENTO PERFEITO DESTES GRÁFICOS NOS SUBSIDIARÁ PARA A UTILIZAÇÃO DO CONTROLE DE PRODUÇÃO ORIENTADO PARA A CARGA, IMPORTANTE FERRAMENTA PARA GESTÃO DO ESTOQUE EM PROCESSO E DO TEMPO DE ATRAVESSAMENTO.

A relação permanece válida no caso de se expressar a taxa de produção e o estoque em processo em termos de quantidades físicas, como no exemplo:

Estoque em Processo Médio: 500 unidades
Taxa de Produção: 350 unidades por mês

$$TMS = \frac{EPM}{TP} = \frac{500 \text{ (unidades)}}{350 \text{ (unidades / mês)}} = 1,43 \text{ meses}$$

A distância horizontal entre as curvas de entrada e saída em determinado ponto indicaria o tempo de atendimento da última ordem liberada, se a regra de priorização fosse FIFO. A esta distância pode-se chamar Tempo de Atendimento. A distância horizontal média será chamada Tempo de Atendimento Médio (TAM) e representa o *lead time* ou tempo de atravessamento médio sob a regra FIFO.

A figura abaixo ilustra o *lead time* real das ordens completadas no posto de trabalho durante o período de referência.

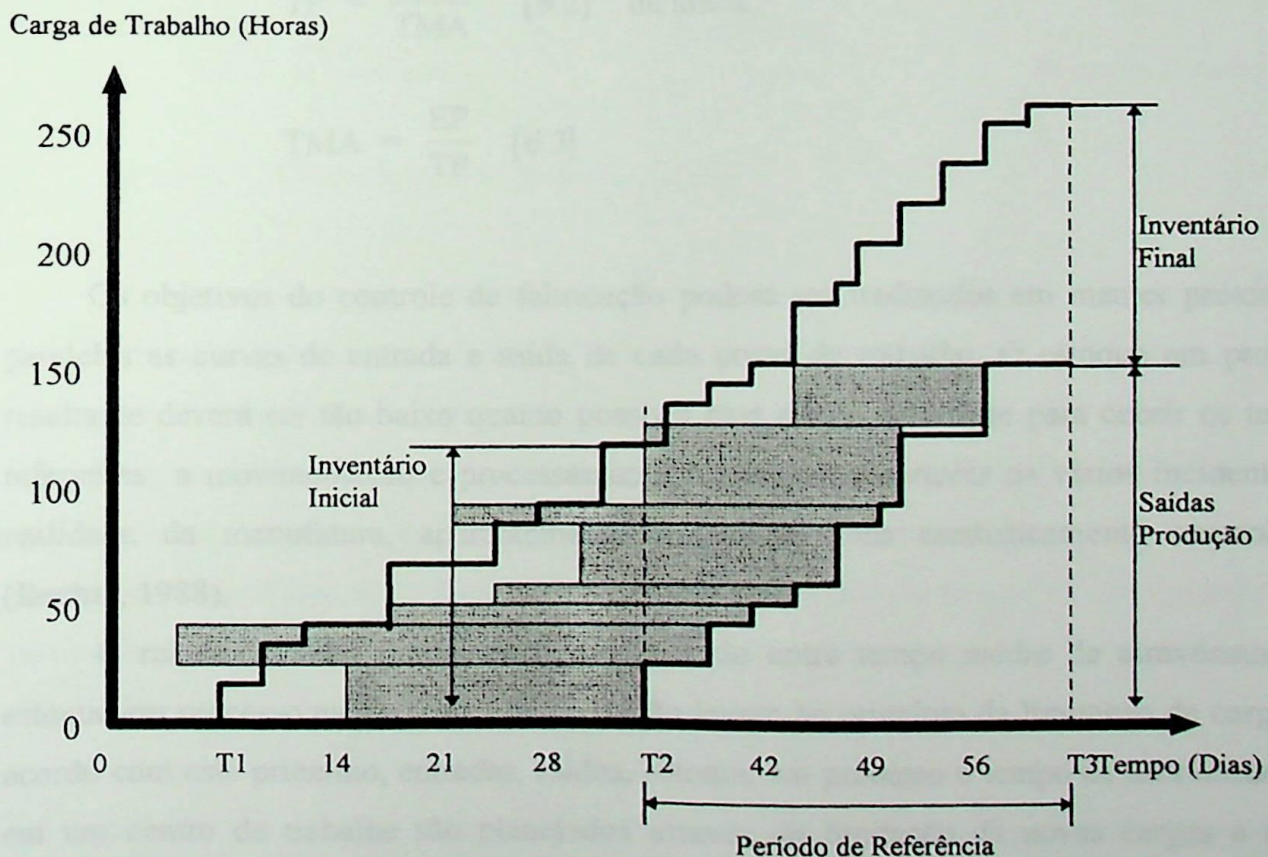


Figura 6.6 - Lead time geral de ordens completadas

As ordens são representadas por retângulos cujas alturas representam a carga de trabalho e o comprimento corresponde ao tempo de atendimento. O Tempo Médio de Atravessamento (TMA) é obtido pela divisão da soma das áreas dos retângulos referentes às ordens completadas no período de referência pelo total de saídas no mesmo período. Esta definição representa a média ponderada dos tempos de atravessamento das ordens completadas no período, utilizando-se como fator de ponderação a carga de trabalho referente a cada ordem.

A longo prazo, o Tempo Médio de Suprimento (TMS), o Tempo de Atendimento Médio (TAM) e o Tempo Médio de Atravessamento (TMA) tendem ao mesmo valor pois a influência das regras de priorização e a flutuação do estoque em processo se neutralizam (Bechte, 1988). As curvas de entrada e saída podem então ser representadas por segmentos de reta paralelos, cuja inclinação representa a razão entre o Estoque em Processamento (EP) médio e o Tempo Médio de Atravessamento (TMA), que é exatamente a Taxa de Produção (TP) do posto de trabalho, explicitando-se, portanto, mais uma vez, a relação fundamental:

$$TP = \frac{EP}{TMA} \quad [6.2] \quad \text{ou ainda,}$$

$$TMA = \frac{EP}{TP} \quad [6.3]$$

Os objetivos do controle de fabricação podem ser traduzidos em manter próximas e paralelas as curvas de entrada e saída de cada posto de trabalho. O estoque em processo resultante deverá ser tão baixo quanto possível mas alto o suficiente para cobrir os tempos referentes a movimentação e processamento e também amortecer os vários incidentes da realidade da manufatura, aparentemente irregulares mas estatisticamente controláveis (Bechte, 1988).

O relacionamento fundamental estabelecido entre tempo médio de atravessamento, estoque em processo médio e taxa de produção levam ao princípio da limitação de carga. De acordo com este princípio, entradas, saídas, estoque em processo e tempo de atravessamento em um centro de trabalho são planejados através da limitação da novas cargas a serem liberadas no período de planejamento.



Figura 6.7 - Controle orientado para a carga

Para gerenciar os tempos de atravessamento **Bechte** (1993) propõe a criação de um parâmetro chamado “Limite de Carga” (*load limit*), através do qual se controla as novas liberações de ordens para os centros de trabalho.

Kingsman (1989) ilustra a metodologia proposta por **Betche** (1993) através de figura que representa o controle da carga para regulação do estoque em processo e do tempo de atravessamento (figura 6.8). Nesta figura o controle sobre o estoque em processamento é representado por um a bóia que, quando o volume de ordens no processo diminui, libera uma válvula que permite que novas ordens entrem em processamento.

Utilizando o mesmo conceito, ou seja controlando o tempo de atravessamento através do controle de liberação de ordens, este trabalho apresenta a metodologia de forma diferente. Considerando-se um período de planejamento e uma taxa de produção, para se fixar um

determinado tempo de atravessamento deve-se estabelecer um estoque em processo e quantidade de novos trabalhos a serem liberados para fabricação naquele posto de trabalho.

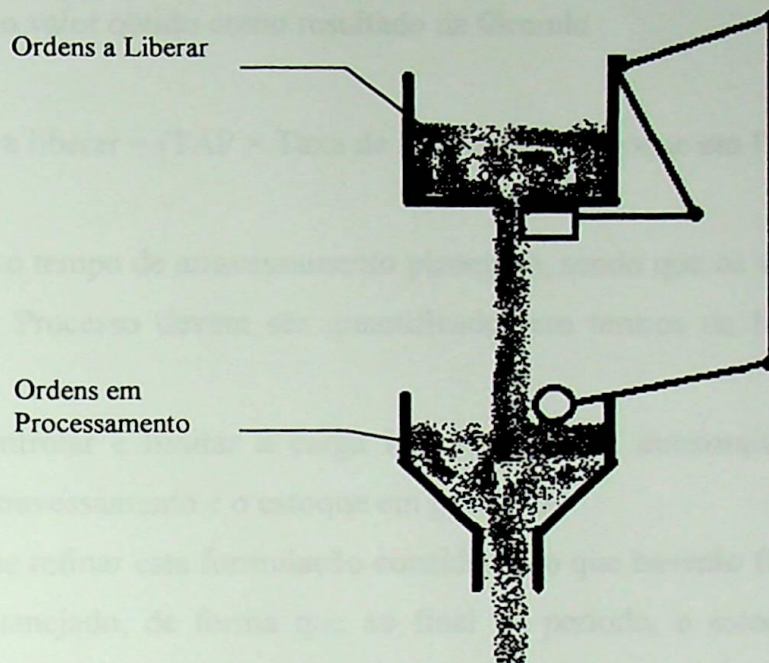


Figura 6.8 - Controle da entrada das ordens no processo.

Estabelecido um determinado tempo de atravessamento para um posto de trabalho e dada uma taxa de produção, o volume de novas ordens a ser liberado deve ser estabelecido através do seguinte raciocínio:

$$TA = EP / TP$$

$$TA = (C0 + C1) / TP$$

$$C1 = LT \times TP - C0 \quad [6.4], \quad \text{onde:}$$

TA - tempo de atravessamento;

TP - taxa de produção;

C0 - carga inicial (ordens já liberadas);

C1 - nova carga (ordens a serem liberadas) e;

EP - estoque em processo.

Ao início de cada período de planejamento, normalmente uma semana, o procedimento para a liberação de ordens orientado para a carga suportará a decisão sobre quais das ordens planejadas serão efetivamente liberadas para a produção no período seguinte. O procedimento recomendado para a efetivação do controle de carga é limitar a liberação das ordens planejadas ao valor obtido como resultado da fórmula :

$$\text{Carga a liberar} = (\text{TAP} \times \text{Taxa de Produção}) - \text{Estoque em Processo Atual} \quad [6.5],$$

onde TAP é o tempo de atravessamento planejado, sendo que os valores de Carga a Liberar e Estoque em Processo devem ser quantificados em termos de horas-padrão das ordens de produção.

Ao controlar e limitar a carga liberada está se, concomitantemente, controlando os tempos de atravessamento e o estoque em processo.

Pode-se refinar esta formulação considerando que haverão finalizações de lotes durante o período planejado, de forma que ao final do período, o estoque em processo terá sido reduzido, podendo ser calculado através da equação :

$$\text{EPF} = \text{C0} + \text{C1} - \text{Produção do Período} \quad [6.6],$$

onde:

EPF é o estoque em processo ao final do período,

C0 é a carga ao início do período, antes da liberação das novas ordens e,

C1 é a nova carga liberada para a fábrica ao início do período.

A produção do período é o resultado da aplicação da taxa de produção sobre a duração do mesmo (d), de forma que a equação se modifica para:

$$\text{EPF} = \text{C0} + \text{C1} - \text{TP} \times \text{d} \quad [6.7]$$

Imaginando que as finalizações de produção se processem de maneira linear no período, o estoque médio em processo é resultado da média aritmética entre o estoque no final do período e o estoque no início.

$$EPM = \frac{(C0 + C1) + EPF}{2} \quad [6.8]$$

Substituindo EPF, obtém-se:

$$EPM = \frac{(C0 + C1) + (C0 + C1) - TP \times d}{2}$$

$$EPM = \frac{2 C0 + 2 C1 - TP \times d}{2} = C0 + C1 - \frac{1}{2} TP \times d \quad [6.9]$$

O que se deseja controlar, na verdade seria o valor de EPM, que vai refletir diretamente sobre o tempo médio de atravessamento. Assim, ao se refazer o desenvolvimento apresentado anteriormente, fica:

$$TMA = EPM / TP$$

$$TMA = \frac{C0 + C1 - \frac{1}{2} TP \times d}{TP} \quad [6.10]$$

Deseja-se isolar o valor de C1, que afinal é o parâmetro sobre o qual tem-se controle e sobre o qual se toma uma decisão ao início de cada período.

$$C0 + C1 - \frac{1}{2} TP \times d = TMA \times TP$$

$$C1 = TMA \times TP - C0 + \frac{1}{2} TP \times d \quad [6.11]$$

Recapitulando o processo, o controle de produção orientado pela carga pode ser efetivado da seguinte maneira :

1. Previamente devem ser conhecidos os valores referentes à taxa de produção (TP) e o estoque em processo atual da fábrica ou centro de trabalho (CO).
2. Fixa-se então um tempo médio de atravessamento planejado (TMAp).
3. Ao início de cada período procede-se a liberação de ordens (que podem ter sido planejadas através de métodos como o MRP, por exemplo), limitando-nos ao total obtido pela fórmula:

$$C1 = TMAp \times TP - C0 + \frac{1}{2} TP \times d \quad [6.12]$$

6.4. O sistema de emissão de ordens, a Tecnologia de Grupo, o arranjo físico e o tempo de atravessamento.

Imaginado um sistema produtivo que envolva a produção de diversos componentes e sua posterior agregação em conjuntos, **Burbidge** (1983) define ciclo como o intervalo entre a emissão consecutiva de ordens para um mesmo componente. Assim quanto maior o ciclo de emissão de ordens de um componente, menor a frequência e maiores são os lotes. O autor classifica o fluxo de produção tendo em vista o sistema de emissão de ordens de acordo com a seguinte tipologia :

- *Fluxo de fase simples / ciclo simples é um tipo de fluxo no qual as ordens para todos os itens que serão utilizados conjuntamente durante determinado período de tempo (isto é, para venda ou para montagem) são emitidas em um mesmo dia e têm uma mesma data de término prevista. Em outras palavras, as frequências de emissão de ordens estão “em fase”, emprestando um termo da teoria das ondas, uma vez que todos eles se iniciam e terminam nas mesmas datas. Este é o tipo de fluxo associado com os sistemas de emissão de ordens do “período padrão” e do “lote padrão”.*

- *Fluxo de fase múltipla / ciclo múltiplo é um tipo de fluxo no qual a “quantidade por ordem” e sua “frequência” e, portanto, o ciclo de emissão das ordens, são diferentes para cada componente e todos os ciclos estão, por esta razão, “fora de fase”. Este é o tipo de fluxo que ocorre quando cada componente distinto é feito de acordo com seu próprio “lote econômico”. É o tipo de fluxo associado com sistemas de emissão de ordens tais como o “controle de estoque”.*

- *Fluxo de fase múltipla / ciclo simples é um tipo de fluxo no qual todos os itens têm a mesma frequência de emissão de ordens, mas não é feita qualquer tentativa para manter os ciclos em fase. É algumas vezes encontrado em sistemas de controle de estoque quando é usada uma frequência padrão de emissão de ordens para todos os componentes.*

Segundo o autor, entre outras vantagens, a utilização de um fluxo de fase e ciclo simples reduz o custo proveniente da obsolescência proveniente de alterações no produto, uma vez que os estoques estão normalmente balanceados e também torna possível usar menores quantidades por corrida e menores quantidades de transferência, reduzindo desta forma os estoques e os tempos de atravessamento.

Em um **arranjo físico do tipo funcional** as máquinas e equipamentos destinados a realizar operações iguais ou similares são agrupados fisicamente. A este tipo de arranjo normalmente se associa grande flexibilidade e também altos tempos de atravessamento, grandes filas e estoque em processo alto.

Aos **arranjos em linha**, nos quais os equipamentos são posicionados de forma dedicada de acordo com a seqüência de produção de determinado produto, está associado um fluxo rápido de produção e pouca ou nenhuma flexibilidade no que diz respeito à produção de diferentes itens.

A **Tecnologia de Grupo** é um enfoque de organização do trabalho que propõe que o arranjo físico da fábrica seja planejado em função de famílias de componentes e produtos que utilizem processos de produção semelhantes, de forma a procurar conciliar a flexibilidade dos arranjos funcionais com o fluxo rápido dos arranjos dedicados. Este tipo de arranjo, também conhecido como organização em células de fabricação possui as seguintes vantagens em relação ao arranjo funcional :

1. Permite que a programação de produção seja grandemente delegada, no que diz respeito à liberação das ordens, a um elemento diretamente ligado à célula ou grupo, viabilizando-se o controle do estoque em processo de forma relativamente simples;

2. Acelera o fluxo de materiais e reduz seu manuseio - a movimentação das peças entre departamentos é reduzida, visto que em cada departamento estarão disponíveis todas máquinas para a execução do roteiro da família que lhe corresponda;

3. Reduz os tempos de *set-up* e custos de ferramental - em função das similaridades entre peças da mesma família, as ferramentas podem ser padronizadas, reduzindo, portanto, o tempo de substituições e o número de ferramentas necessárias;

4. Reduz os custos de pré-produção - se uma nova peça precisa ser fabricada, é colocada na família que mais se lhe assemelhe. Os roteiros de processo existentes podem ser adaptados para atender esta peça;

5. O estoque em processo é reduzido - a maior facilidade de controle reduz a formação de filas e o menor manuseio reduz o tempos de movimentação e;

6. Os trabalhadores ficam mais satisfeitos - é fato conhecido que a não fragmentação excessiva do trabalho leva a níveis maiores de satisfação e maior identificação com o produto (Fleury e Vargas, 1983).

Bubidge (1993) associa um fluxo rápido de produção à organização em células e fluxo de produção de ciclo e fase simples, utilizando-se o sistema de período padrão.

6.5. A Síndrome do Tempo de Entrega

Grauf (1989), Blackstone (1989) e Plossl (1993) apresentam um interessante paradoxo que serve como alerta para se evitar uma armadilha para a qual muitos administradores são atraídos - trata-se da “síndrome do tempo de entrega” ou “círculo vicioso da inflação do *lead time*”.

Imagine-se uma situação em que, em uma fábrica, existem constantes atrasos na entrega de pedidos de venda, de forma que o administrador enxerga claramente (porém de maneira obtusa) que é necessário aumentar os prazos propostos de entrega, de forma a evitar a perda tão freqüente de datas devidas. Em função desta decisão, o período de planejamento é incrementado e, conseqüentemente, um volume maior de ordens é liberado para a fábrica, aumentando o estoque em processo (isto porque as ordens passam a ser liberadas para a fábrica com uma antecedência maior em relação à data de entrega prevista). Tempos de atravessamento (no caso, o mesmo que *lead times*) longos levam a maiores erros de previsão e menos controle sobre as datas devidas. As filas se elevam e o *lead time* real também, levando a novos atrasos e fechando-se o círculo vicioso.

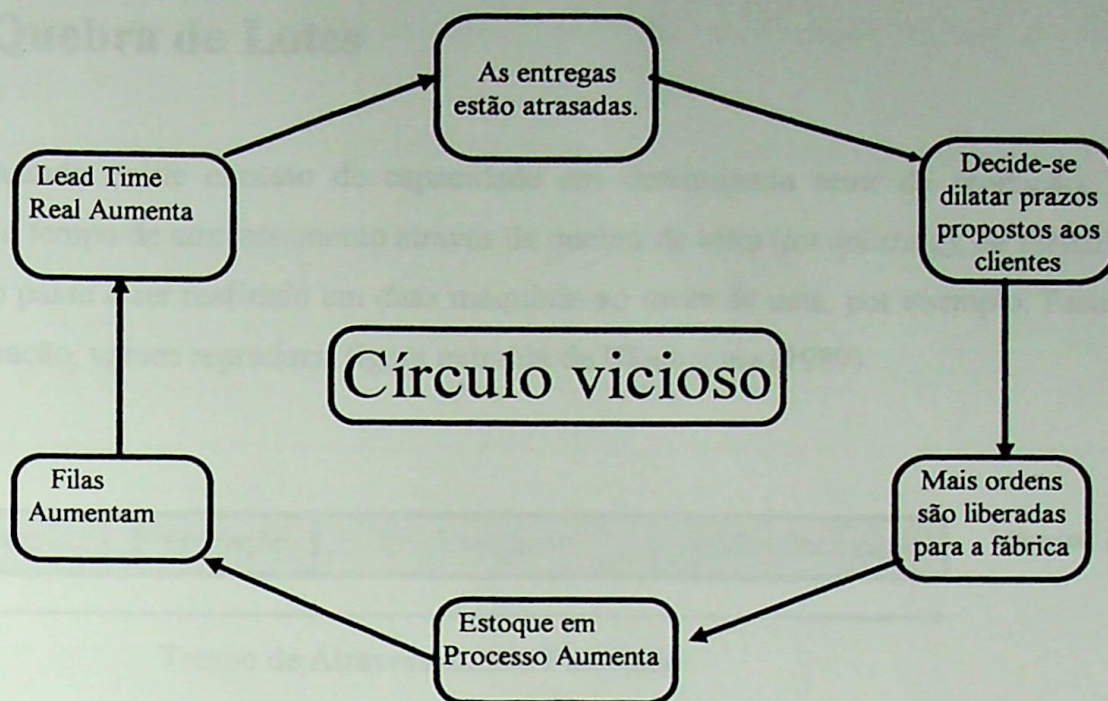


Figura 6.9 - Circulo vicioso do aumento do lead time

Tempo de atravessamento (no caso, o mesmo que *lead time*) longos levam a maiores erros de previsão e menor controle sobre as datas devidas. O caminho oposto é muitas vezes viável, isto é, reduzindo o tempo de atravessamento proposto, reduz-se o estoque em processo, a fábrica fica mais “controlável” e se torna mais fácil cumprir as datas devidas. Assim, dentro de certos limites, é possível reduzir os tempos de atravessamento simplesmente decidindo fazê-lo.

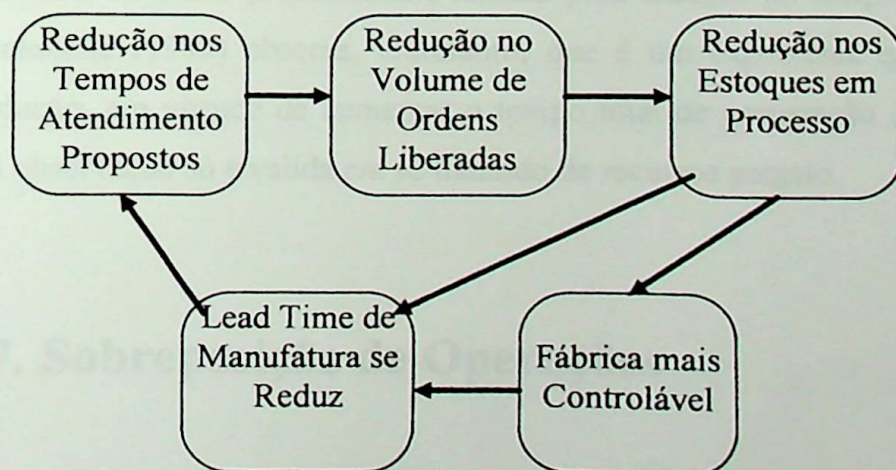


Figura 6.10 - Ciclo da redução do Lead Time

6.6. Quebra de Lotes

Quando existe excesso de capacidade em determinado setor da produção, pode-se reduzir o tempo de atravessamento através da quebra de lotes (*lot splitting*), de forma a que o trabalho passe a ser realizado em duas máquinas ao invés de uma, por exemplo. Para ilustrar esta situação, vamos reproduzir figura extraída de **Blackstone** (1989).

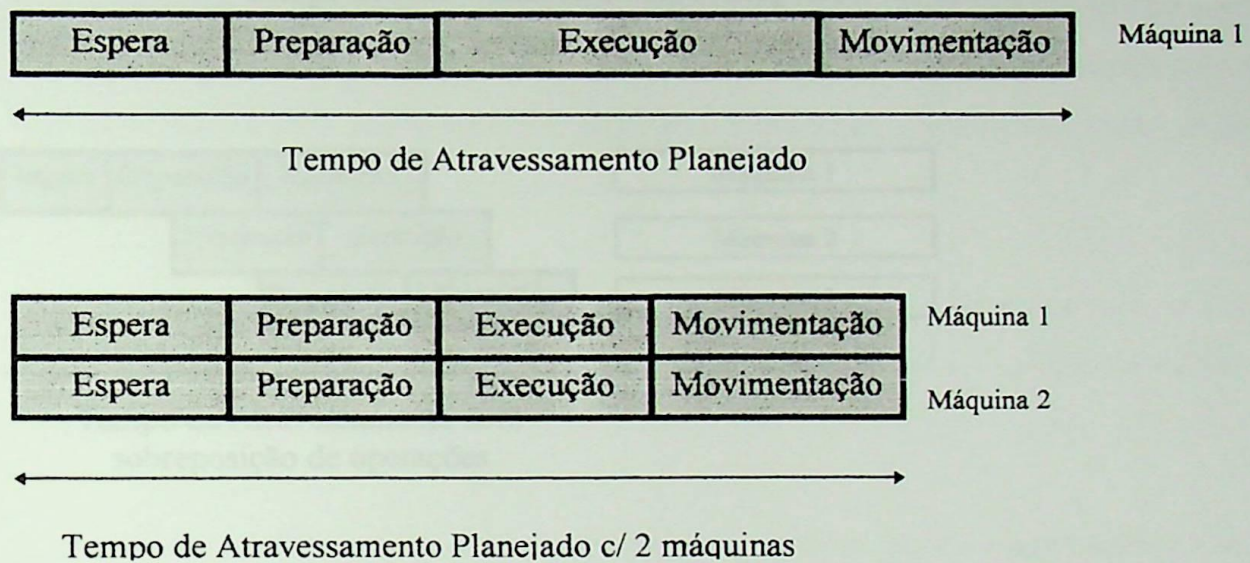


Figura 6.11 - Quebra de lotes

Este é um recurso que pode ser usado para apressar a execução de uma ordem específica ou como procedimento normal para redução do tempo médio de atravessamento. **Blackstone** (1989) observa, entretanto, que é um expediente que reduz a capacidade de produção, em virtude de aumentar o tempo total de preparação das máquinas. Na verdade, esta observação só é válida em se tratando de recursos gargalo.

6.7. Sobreposição de Operações

Pode-se obter grandes reduções no tempo de atravessamento através do trabalho simultâneo de setores diferentes da produção sobre um lote. Esta sobreposição de operações

(*operation overlapping*) é conseguida partindo-se os lotes de produção em dois ou mais lotes transferência.

A seguir reproduzimos figura de **Blackstone** (1989) que ilustra o processo:

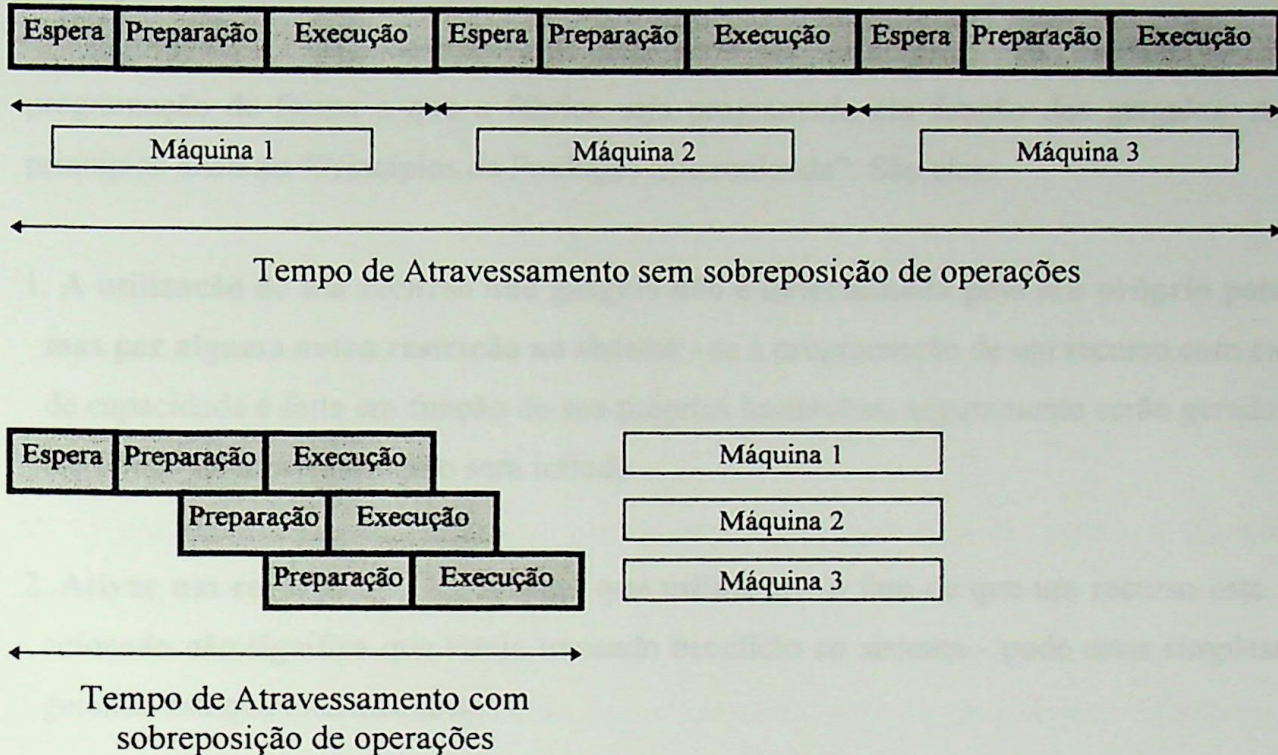


Figura 6.12 - Sobreposição de operações

Assim como a quebra de lotes, a sobreposição tanto pode ser considerada um recurso normal de programação como uma técnica de apressamento, para acelerar a obtenção de um lote em particular.

Almeida (1992) dá tratamento matemático às questões de sobreposição de operações e quebra de lotes, inserindo-as no contexto geral da programação da produção em um ambiente de capacidade finita.

6.8. Controle sobre os gargalos - Produção Sincronizada

Em um sistema produtivo normalmente existe excesso de capacidade em diversos setores e um recurso que limita a produção total, normalmente representado por um

equipamento de alto custo. Este recurso é o que na verdade estabelece a taxa de produção máxima que se pode obter de uma planta. É chamado de gargalo.

Programar a fábrica sem considerar o recurso gargalo leva à formação de filas e conseqüente inflação nos tempos de atravessamento.

Goldratt (1984) desenvolveu uma série de princípios que buscam orientar a programação de forma a que a fábrica seja programada em função dos gargalos. A estes princípios chamou "Princípios da Produção Sincronizada". São eles:

- 1. A utilização de um recurso não gargalo não é determinada pelo seu próprio potencial mas por alguma outra restrição no sistema** - se a programação de um recurso com excesso de capacidade é feita em função de suas próprias limitações, seguramente serão geradas filas e o tempo de atravessamento será inflado.
- 2. Ativar um recurso não é o mesmo que utilizá-lo** - o fato de que um recurso está sendo acionado não significa que esteja trazendo benefício ao sistema - pode estar simplesmente gerando estoque intermediário.
- 3. Uma hora perdida em um recurso gargalo é uma hora perdida para todo o sistema** - o tempo inoperante de um recurso gargalo jamais será recuperado, uma vez que este tipo de recurso determina a produção do sistema.
- 4. Uma hora ganha em um recurso não gargalo é uma miragem** - não beneficia o sistema, visto que não é determinante do resultado global.
- 5. O lote de transferência não precisa e muitas vezes não deve ser igual ao lote de produção** - ao fazer os lotes de transferência menores que os de produção obtém-se significativa redução nos tempos de atravessamento - vide item 5.7 deste capítulo.
- 6. O lote de produção deve ser variável** - não há motivo para que os lotes de produção sejam fixos, como imposto muitas vezes por determinadas políticas de programação como lote econômico, por exemplo. O ideal é programar de acordo com as necessidades do momento.

7. **Capacidade e priorização devem ser considerados simultaneamente, não em seqüência** a consideração conjunta destes dois fatores leva a decisões mais consistentes em relação a dimensionamento de lotes e sequenciação.
8. **Os danos causados por imprevistos (lei de Murphy) são controláveis e podem ser minimizados** - os imprevistos, embora isto soe como paradoxo, são controláveis em termos estatísticos e a atenção deve ser redobrada sobre os recursos gargalo.
9. **A capacidade da fábrica não pode ser balanceada** - sempre haverão gargalos e capacidade ociosa, visto que existe um variação estatística dos tempos de fabricação, e normalmente há variações no *mix* de produção ao longo do tempo.
10. **O resultado da otimização das partes não é a otimização do todo** - a filosofia da produção sincronizada dimensiona os lotes de produção e transferência para maximizar o resultado global, ignorando freqüentemente custos de preparação de máquinas e de manuseio, em oposição ao dimensionamento prévio através de políticas relacionadas a custeio tradicional.

Todo o corpo doutrinário ligado ao assunto, conhecido como Teoria das Restrições (TOC), embora primordialmente comprometido com a maximização da produção (*throughput*), está ligado ao controle sobre o inventário e portanto estreitamente relacionado à questão do tempo de atravessamento. A Teoria das Restrições, no que se aplica a sistemas produtivos, defende a focalização nos seguintes pontos:

- **Ganho (*Throughput*)** - é a taxa em que o sistema gera dinheiro, igual à diferença entre o preço de venda e as despesas efetivamente variáveis, como matérias primas, processamento externo, impostos e comissões sobre vendas,
- **Inventário (*Inventory*)** - representa o dinheiro que o sistema investe em coisas que pretende vender, incluindo materiais e outros ativos,
- **Despesa Operacional (*Operational Expense*)** - é o dinheiro que o sistema gasta para converter o inventário em ganho.

O segundo ponto - inventário - reflete a preocupação com a velocidade do fluxo de produção.

6.9. Alerta em relação à política do Lote Econômico

As técnicas consagradas de loteamento buscam conciliar os custos referentes à preparação dos lotes de produção (*setup*) com os custos provenientes de se manter os materiais em processo, objetivando minimizar os custos unitários. Considerações a respeito de políticas de dimensionamento de lotes naturalmente interessam a este trabalho, pois quanto maiores os lotes, maior o estoque em processamento e, portanto, mais lento o fluxo de produção. Corbett (1997), com base na Teoria das Restrições, apresenta uma consistente contraposição em relação à conveniência da utilização da técnica do lote econômico.

Recapitular a lógica por trás do cálculo do lote econômico será útil. Quanto maior o tamanho do lote, menor o custo unitário do *setup*, pois o custo total de preparação será dividido em uma quantidade maior de peças. Este componente sugere aumentar as quantidades de peças por lote. De outro lado, quanto maior for o lote, mais tempo levará para ser consumido e, portanto, mais despesas relativas a imobilização do capital e de armazenagem surgirão, conforme demonstra o gráfico a seguir. O componente de custo referente ao inventário sugere, portanto, a fabricação de lotes os menores possíveis, unitários, no limite.

Colocando em um mesmo gráfico as duas curvas, obtém-se :

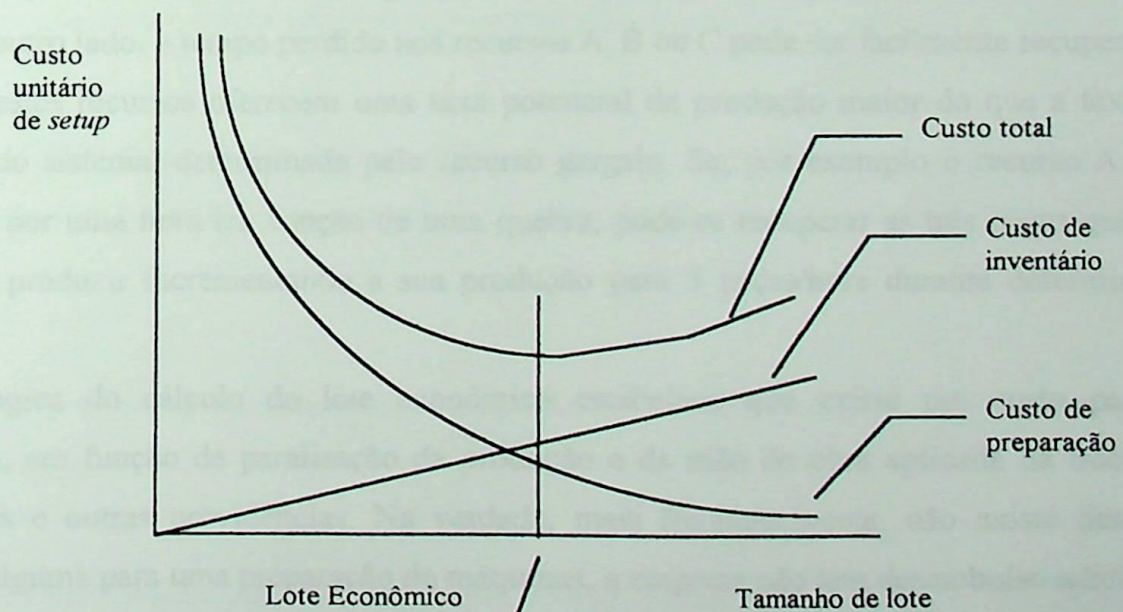


Figura 6.13 - Conjugação das curvas para explicitação do lote econômico

O ponto de mínimo da curva resultante da soma dos dois componentes de custo considerados é a quantidade referente ao lote econômico. Trata-se de um raciocínio bastante consistente para a obtenção do menor custo unitário.

Cabe agora questionar: obter o menor custo unitário de peças isoladas é um objetivo consistente com o objetivo mais global das empresas que seria, segundo a abordagem TOC (Teoria das Restrições), fazer dinheiro hoje e no futuro? Pode-se demonstrar que não.

Imagine-se uma fábrica com a seguinte seqüência de processos

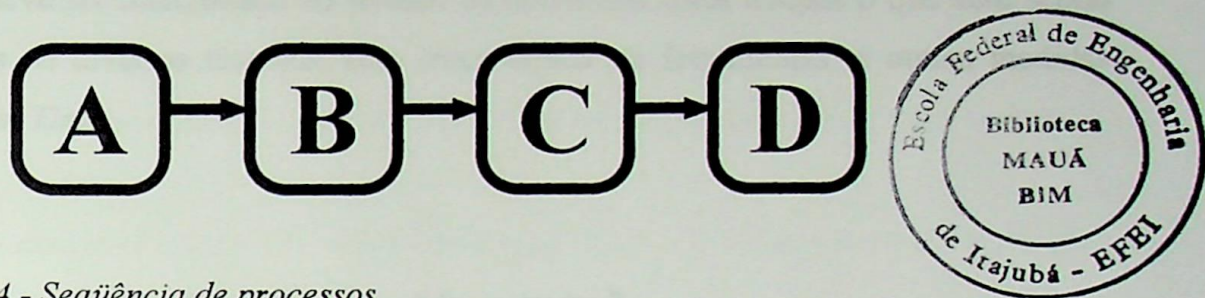


Figura 6.14 - Seqüência de processos

Supondo-se que o recurso C oferece a menor taxa de produção, de 3 peças por hora, enquanto os outros recursos oferecem 5 peças por hora, então ele é o gargalo. Se o mercado demandar mais de 3 peças/hora, a fábrica não poderá atender devido à limitação imposta pelo recurso C. Se o recurso C, por qualquer razão deixar de trabalhar por algum tempo, será uma perda para todo o sistema, de acordo com o terceiro princípio da produção sincronizada, **“Uma hora perdida em um recurso gargalo é uma hora perdida para todo o sistema”**.

Por outro lado, o tempo perdido nos recursos A, B ou C pode ser facilmente recuperado, visto que estes recursos oferecem uma taxa potencial de produção maior do que a taxa de produção do sistema, determinada pelo recurso gargalo. Se, por exemplo o recurso A fica paralisado por uma hora em função de uma quebra, pode-se recuperar as três peças que ele deixou de produzir incrementando a sua produção para 5 peças/hora durante determinado período.

A lógica do cálculo do lote econômico estabelece que existe um custo para a preparação, em função da paralisação da produção e da mão de obra aplicada na troca de ferramentas e outras providências. Na verdade, mais freqüentemente, não existe despesa adicional alguma para uma preparação de máquinas, a empresa não tem desembolso adicional de dinheiro. No caso de um recurso não gargalo, o tempo de paralisação pode ser recuperado no futuro ou mesmo previamente, antes da nova preparação. A lógica de diminuir o tempo total de preparação fica esvaziada, em função do quarto princípio da produção sincronizada,

“Uma hora ganha em um recurso não gargalo é uma miragem”. Em função de uma miragem, a sistemática do lote econômico onera o inventário, isto sim uma perda real.

A lógica geral da contestação de políticas de lote econômico está refletida no décimo princípio da produção sincronizada “O resultado da otimização das partes não é a otimização do todo”.

Além das considerações ligadas à Teoria das Restrições, cabe lembrar que o cálculo do lote econômico toma os tempos de preparação como dados, ao passo que o esforço do administrador deve ser direcionado no sentido de minimizar estes tempos o que vem sendo possível através de diversas técnicas, com troca rápida de ferramentas, e outras medidas ligadas ao *Just in Time*.

6.10. Recomendações de caráter geral

Serão apresentadas neste tópico recomendações que podem beneficiar o resultado em termos da velocidade do fluxo de produção. Algumas destas já estão implícitas nos tópicos anteriores deste capítulo.

1. **Melhore a qualidade** - retrabalhos são grandes inimigos de um fluxo rápido, aumentam o estoque em processo e tumultuam toda a programação de produção.
2. **Meça o desempenho em termos desse fator** - no capítulo 4 são sugeridos diversos indicadores que revelam o desempenho no que diz respeito à velocidade do fluxo de produção.
3. **Estabeleça metas de desempenho** - é uma maneira de mobilizar os esforços do pessoal na direção desejada.
4. **Concentre a atenção nos tempos em que não se agrega valor** - é normalmente onde se concentra o maior potencial de melhorias. Especialmente nos tempos de *setup* pois viabiliza-se assim a redução dos tamanhos de lote.

5. **Desloque as decisões para nível de hierarquia mais baixo possível** - reduz o fluxo de papéis e deixa a responsabilidade pelo resultado mais próxima do executante dos trabalhos. Este deslocamento é viável em sistemas tipo kanban e organização em células de fabricação.
6. **Organize as máquinas de acordo com o fluxo de produção** - tanto quanto possível migrar de arranjos funcionais para em linha ou em células de fabricação.
7. **Programe em função dos gargalos** - os recursos não gargalo devem programados com o objetivo específico de manter os gargalos funcionando plenamente. A preocupação em deixar os equipamentos funcionando para maximizar sua utilização deve ser deixada de lado.
8. **Reduza os tamanhos de lotes** - é uma medida que reduz o estoque em processo, e por consequência, acelera o fluxo de produção.
9. **Controle a liberação de ordens** - é o mesmo que controlar o estoque em processo e, por consequência, o tempo de atravessamento - no tópico 6.3 deste capítulo foi proposta uma metodologia para efetivar este controle.
10. **Aumente o grau de simultaneidade das tarefas** - é possível na produção em lotes, através da sobreposição de operações e mesmo em linhas de produção, dependendo das características do produto e do processo.

Como um recurso mnemônico, a seguir as medidas que podem resultar em incremento na velocidade do fluxo produtivo estão agrupadas na figura 6.15.

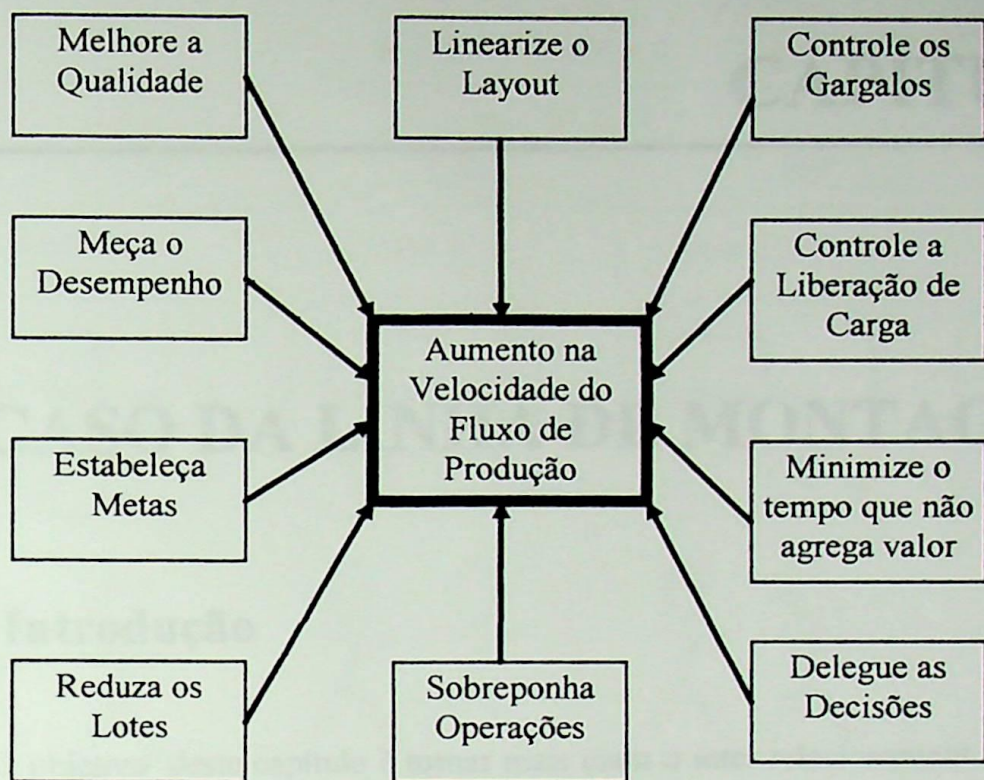


Figura 6. 15 - A obtenção de um fluxo de produção rápido

CAPÍTULO 7

O CASO DA LINHA DE MONTAGEM

7.1. Introdução

O objetivo deste capítulo é tornar mais claro o inter-relacionamento entre o tempo de atravessamento, o estoque em processo, a produtividade e a taxa de produção através da apresentação de um caso extraído da realidade. Neste caso, uma fábrica projetada para produzir 16 veículos/dia teve sua produção reduzida para 8 veículos/dia em função de restrição da demanda. Chama-se a atenção para o caráter determinístico de uma linha de produção deste tipo - a cada determinado intervalo de tempo a carroceria se move entre os estágios de produção - as tarefas eventualmente não executadas são transferidas para o estágio seguinte. Esta característica determinística de uma linha de montagem não diz respeito ao tempo de execução das tarefas mas ao deslocamento entre um posto de trabalho e outro, razão pela qual normalmente se considera uma certa folga em relação ao tempo padrão para a execução daquelas tarefas.

7.2. O caso da linha de montagem de veículos

Serão simuladas três situações diferentes em uma mesma instalação fabril.

1. Imagine-se uma linha de montagem de automóveis, com quatro postos de trabalho, dois homens em cada posto e produção diária de dois veículos, representada esquematicamente na figura 7.1.

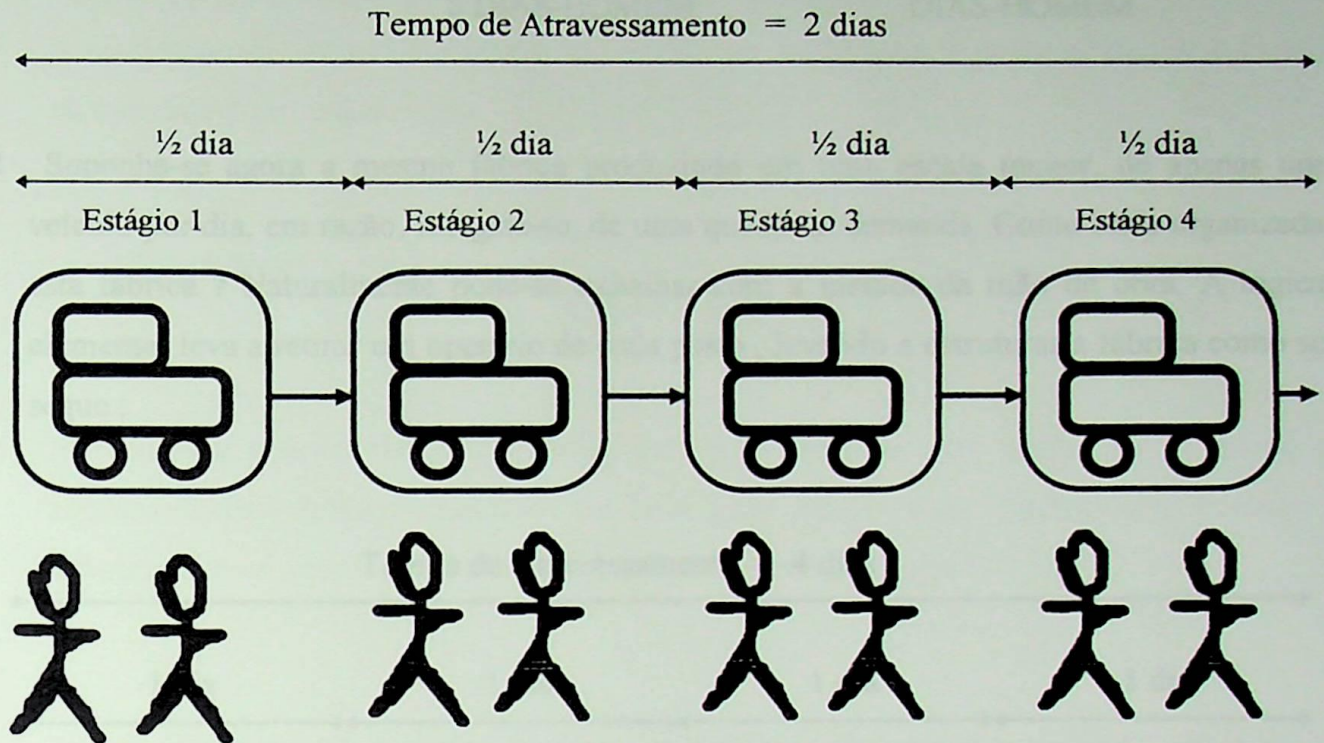


Figura 7.1 - Linha de produção - 2 veículos / dia

Taxa de Produção = 2 veículos / dia

Estoque em processo = 4 veículos

Número de montadores = 8

Produtividade da Mão de Obra = 0,25 veículos / dia-homem

Observe-se o seguinte:

- Como decorrência da produção diária de dois veículos, em cada estágio os montadores deverão executar suas tarefas sobre cada unidade de produto em meio dia de serviço,
- Somando o tempo de permanência em cada estágio, chega-se a um tempo de atravessamento desta fase do processo de produção de dois dias, isto é, cada veículo leva dois dias para percorrer a linha de montagem,
- O estoque em processo na linha é de quatro veículos e,
- Na linha de montagem, a cada dia é agregado um total de mão de obra de oito dias-homem.

A produtividade pode ser medida como :

$$\text{PRODUTIVIDADE} = \frac{2 \text{ VEÍCULOS}}{8 \text{ DIAS-HOMEM}} = 0,25 \frac{\text{VEÍCULOS}}{\text{DIAS-HOMEM}}$$

- 2 . Suponha-se agora a mesma fábrica produzindo em uma escala menor, de apenas um veículo por dia, em razão, imagine-se, de uma queda na demanda. Como seria organizada esta fábrica ? Naturalmente pode-se trabalhar com a metade da mão de obra. A lógica elementar leva a retirar um operário de cada posto , levando a estruturar a fábrica como se segue :

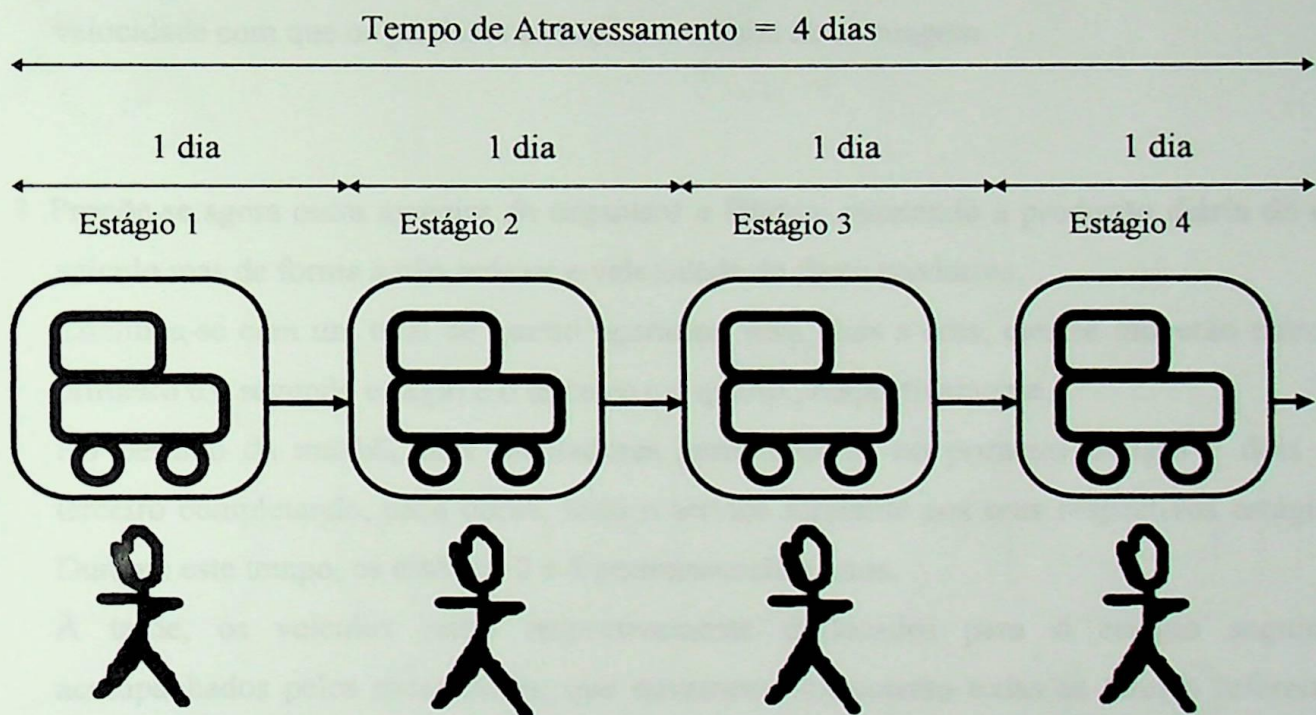


Figura 7.2 - Linha de produção - 1 veículo / dia (1)

Taxa de Produção = 1 veículo / dia

Estoque em processo = 4 veículo

Número de montadores = 4

Produtividade da Mão de Obra = 0,25 veículos / dia-homem

- Como agora apenas uma pessoa fará o trabalho que duas pessoas faziam em meio dia, o trabalho em cada estágio levará agora um dia para ser realizado,
- O tempo de atravessamento passa , portanto, a ser de quatro dias,
- O estoque em processo na linha permanece em quatro veículos,

A produtividade se mantém inalterada, visto que continua-se a gastar quatro dias-homem na montagem de cada veículo.

$$\text{PRODUTIVIDADE} = \frac{1 \text{ VEÍCULO}}{4 \text{ DIAS-HOMEM}} = 0,25 \frac{\text{VEÍCULOS}}{\text{DIA-HOMEM}}$$

Note-se que a produção caiu para a metade, a mão de obra também e o tempo de atravessamento dobrou, passando de dois para quatro dias. Reduziu-se, portanto a velocidade com que os produtos atravessam a linha de montagem.

3 .Propõe-se agora outra maneira de organizar a fábrica, mantendo a produção diária de um veículo mas de forma a não reduzir a velocidade do fluxo produtivo.

Continua-se com um total de quatro operários, mas dois a dois, eles se moverão entre o primeiro e o segundo estágio e o terceiro e o quarto , respectivamente.

No período da manhã, dois montadores permanecerão no primeiro estágio e dois no terceiro completando, cada dupla, todo o serviço referente aos seus respectivos estágios.

Durante este tempo, os estágios 2 e 4 permanecerão vazios.

À tarde, os veículos serão respectivamente deslocados para o estágio seguinte, acompanhados pelos montadores, que novamente executarão todas as tarefas referentes aos estágios pares na segunda metade do dia. Ao final da jornada de trabalho, ter-se-á um carro montado e o ciclo se reinicia no dia seguinte.

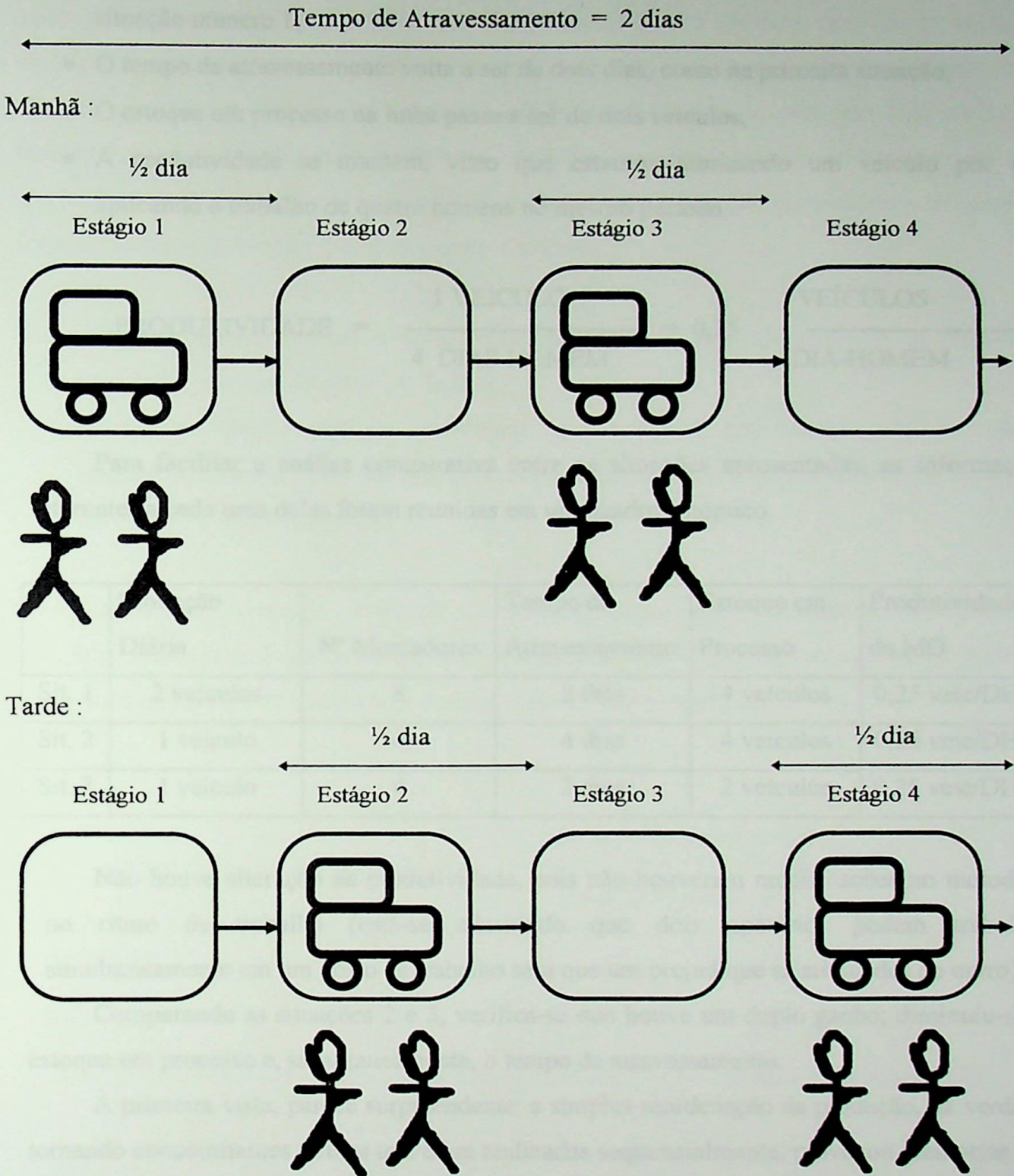


Figura 7.3 - Linha de produção - 1 veículo / dia (II)

Taxa de Produção = 1 veículo / dia

Estoque em processo = 2 veículos

Número de montadores = 4

Produtividade da Mão de Obra = 0,25 veículos / dia-homem

- O trabalho em cada estágio consumirá agora meio dia de dois homens, como na situação número 1,
- O tempo de atravessamento volta a ser de dois dias, como na primeira situação,
- O estoque em processo na linha passa a ser de dois veículos,
- A produtividade se mantém, visto que estamos fabricando um veículo por dia, aplicando o trabalho de quatro homens no mesmo período.

$$\text{PRODUTIVIDADE} = \frac{1 \text{ VEÍCULO}}{4 \text{ DIAS-HOMEM}} = 0,25 \quad \frac{\text{VEÍCULOS}}{\text{DIA-HOMEM}}$$

Para facilitar a análise comparativa entre as situações apresentadas, as informações referentes a cada uma delas foram reunidas em um quadro sinóptico.

| | Produção Diária | Nº Montadores | Tempo de Atravessamento | Estoque em Processo | Produtividade da MO |
|--------|-----------------|---------------|-------------------------|---------------------|---------------------|
| Sit. 1 | 2 veículos | 8 | 2 dias | 4 veículos | 0,25 veic/DH |
| Sit. 2 | 1 veículo | 4 | 4 dias | 4 veículos | 0,25 veic/DH |
| Sit. 3 | 1 veículo | 4 | 2 dias | 2 veículos | 0,25 veic/DH |

Não houve alteração na produtividade, pois não houveram modificações no método e no ritmo de trabalho (está-se admitindo que dois operários podem trabalhar simultaneamente em um posto de trabalho sem que um prejudique as atividades do outro).

Comparando as situações 2 e 3, verifica-se que houve um duplo ganho; diminuiu-se o estoque em processo e, simultaneamente, o tempo de atravessamento.

À primeira vista, parece surpreendente: a simples reordenação da produção, na verdade tornando concomitantes tarefas que eram realizadas seqüencialmente, provocou melhorias em dois importantes indicadores de desempenho.

Verifica-se que a medição da produtividade pura e simples é insuficiente para a avaliação do desempenho fabril, fato freqüentemente negligenciado. Sem nenhuma alteração na produtividade industrial (ao menos em seu sentido mais estrito), reduziu-se estoque em processo e acelerou-se a produção.

Observe-se que existe limite para a simultaneidade da execução de tarefas. Não fosse assim poderia se propor, no exemplo, a concentração de quatro operários no primeiro estágio no início do dia, cumprindo as tarefas daquele e dos estágios seguintes em um quarto de dia, obtendo-se um tempo de atravessamento de um dia e um estoque em processo de apenas um veículo. Levando-se a situação ao absurdo, pode-se imaginar a matéria prima entrando no fábrica e os operários todos se lançando ao mesmo tempo sobre ela, executando suas tarefas simultaneamente. Isto não é possível por duas razões:

- a) a todo processo produtivo está relacionada uma relação de precedência entre as atividades que tem de ser respeitada e;
- b) existe um limite para a quantidade de operários que podem ser alocados simultaneamente a cada unidade produzida, além do qual a produtividade da mão de obra passa a ser prejudicada.

Estoque em processo e tempo de atravessamento são intimamente relacionados consistindo, na verdade em faces opostas da mesma moeda e podendo ser matematicamente relacionados, como já foi visto no capítulo 4, através da expressão 4.2:

(I)

$$\text{Tempo de Atravessamento (TA)} = \frac{\text{Estoque em Processo (EP)}}{\text{Taxa de Produção (TP)}}$$

ou mesmo :

(II)

$$\text{Estoque em Processo} = \text{Tempo de Atravessamento (TA)} \times \text{Taxa de Produção (TP)}$$

ou ainda :

(III)

$$\text{Taxa de Produção (TP)} = \frac{\text{Estoque em Processo (EP)}}{\text{Tempo de Atravessamento (TA)}}$$

As diversas leituras da mesma relação são úteis no entendimento de diferentes aspectos do relacionamento entre os fatores em estudo.

Considerando-se o tempo de atravessamento como uma função do estoque em processo, dada uma taxa de produção (I), nos leva a buscar a redução do estoque através de, como no exemplo, agrupamento de tarefas e da redução de filas de espera.

Quando o objetivo visado é a redução do estoque em processo, a leitura (II) sugere providências para se buscar um fluxo produtivo mais rápido.

Para se alcançar uma maior taxa de produção, isto é, uma maior quantidade produzida por unidade de tempo, conservando o mesmo estoque em processo, a relação (III) vem propor uma aceleração na velocidade do fluxo produtivo, de maneira que se reduza o tempo de atravessamento.

Além dos benefícios diretamente associados à redução do estoque em processo e maior agilidade de resposta ao mercado, existe uma vantagem adicional para se trabalhar no sentido de realizar o máximo possível de tarefas simultaneamente (desde que não fique prejudicada a produtividade), ainda que, como no caso mostrado se provoquem “vazios” na linha de montagem. Trata-se de manter a fábrica preparada, em termos de ritmo, organização e processos para um aumento na taxa de produção, quando assim o mercado consumidor comportar. A seguir apresenta-se um caso extraído da realidade para melhor compreender o processo.

Uma empresa de pequeno porte (na qual o autor deste trabalho atuou como responsável pelo PCP), montadora de veículos, foi originalmente projetada para uma produção diária de 8 veículos. A linha de montagem, tracionada mecanicamente, foi estruturada conforme a figura 7.4 :

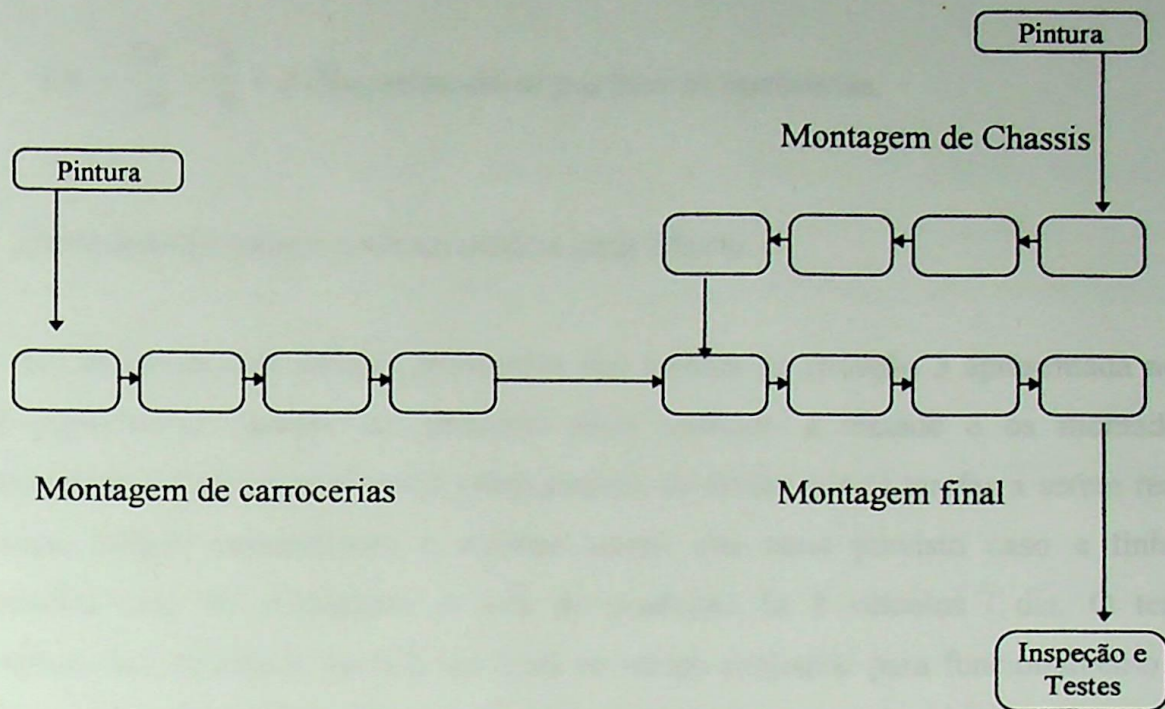


Figura 7.4 - Linha de produção real

Considerando um turno diário de 8 horas, a cada 1 hora o tracionador seria acionado e cada carroceria, chassis ou conjunto seria levado ao estágio seguinte.

Para a taxa de produção projetada de 8 veículos / dia, seriam necessários 36 montadores, 4 em cada estágio de montagem de chassis, carroceria e montagem final. O estoque em processo na linha de montagem é equivalente a 8 veículos.

Aplicando a expressão que fornece o tempo de atravessamento, obtém-se :

$$TA = \frac{EP}{TP} = \frac{8}{8} = 1 \text{ dia, tomando-se por base as carrocerias.}$$

Ocorre que o mercado, de início, mostrou absorver apenas 4 veículos por dia. A taxa de produção deveria ser adaptada a esta realidade. Para tal, foram admitidos 18 montadores (metade do que a linha comportaria sem perda de produtividade), dois para cada estágio de montagem.

Existia então uma obsessão, por parte da administração em manter a linha de montagem “cheia”, isto é , com carrocerias e chassis em todos os estágios de montagem. Por conseqüência, o estoque em processo permaneceu em 8 veículos e o tempo de atravessamento dobrou, conforme demonstrado através da expressão a seguir.

$$TA = \frac{EP}{TP} = \frac{8}{4} = 2 \text{ dias, tomando-se por base as carrocerias.}$$

O tracionador passou a ser acionado a cada 2 horas.

Foi proposta uma solução alternativa nos moldes da situação 3 apresentada no início deste capítulo. O estoque em processo seria reduzido à metade e os montadores se movimentariam entre dois estágios subsequentes, de forma que as tarefas a serem realizadas em cada estágio consumiriam o mesmo tempo que seria previsto caso a linha fosse estruturada com 36 montadores e taxa de produção de 8 veículos / dia. O tempo de atravessamento calculado passa a ser igual ao tempo projetado para funcionamento a plena capacidade, conforme se verifica na aplicação da fórmula.

$$TA = \frac{EP}{TP} = \frac{4}{4} = 1 \text{ dia,}$$

O tracionador seria acionado a cada hora de trabalho.

Como citado anteriormente, esta solução traria uma vantagem adicional representada por uma adaptação prévia da fábrica a uma eventual necessidade de aumentar a taxa de produção. Caso seja preciso, por exemplo, dobrar a taxa de produção, o processo e o ritmo de produção já estariam de acordo com a nova taxa desejada, bastando para isso acrescentar os dezoito montadores necessários (desconsiderando o período de aprendizagem do pessoal) e “encher” a linha de montagem.

Este raciocínio pode ser expresso pela relação matemática anteriormente apresentada que coloca a Taxa de Produção (TP) como uma função do Estoque em Processamento (EP) e do Tempo de Atravessamento (TA):

$$TP = \frac{EP}{TA} = \frac{8}{1} = 8 \text{ veiculos / dia.}$$

7.3. Conclusão

Como regra geral pode-se estabelecer que o ideal é trabalhar na máxima velocidade que o processo de produção comportar, ainda que sejam provocadas “porosidades” ao longo da fábrica. Podemos cunhar uma expressão para a situação ilustrada como sendo um caso de “Gestão da Operação em Subcapacidade”.

A Operação em Subcapacidade, isto é, abaixo do potencial produtivo total da fábrica, é uma situação extremamente freqüente e, no entender deste estudo, não convenientemente estudada.

O caso apresentado apresenta um situação típica em que uma crença, embora aparentemente de bom senso, leva a decisões gerenciais equivocadas. No caso, havia uma forte resistência em manter “vazios” na linha de montagem. Em outros tipos de organização de processo, o “bom senso” (no mau sentido) leva a decisões como, por exemplo, manter máquinas trabalhando simplesmente gerando acúmulo do estoque em processo e por consequência, maior morosidade do fluxo de produção, além dos custos elevados relativos à produção de semi-acabados não relacionados com a quantidade planejada de itens acabados ao final da linha.

Também, a partir do exemplo apresentado fica explicitado que a produtividade é uma medida de performance limitada, ao se avaliar sistemas produtivos - nas situações apresentadas não houveram modificações nas medidas de produtividade.

CAPÍTULO 8

CONCLUSÃO

8.1. Síntese dos Resultados

Procurou-se, neste trabalho, encadear os capítulos e tópicos de forma a fornecer ao leitor um crescente entendimento dos problemas relativos à velocidade do fluxo produtivo e sua aplicabilidade na gestão do chão de fábrica.

Após uma breve revisão conceitual (capítulo 2), incluída com o objetivo de, além de nivelar conhecimentos, estabelecer o significado dado a algumas expressões que são tratadas de modo diverso dependendo do autor, passou-se a demonstrar a importância do tema, fixando-se as vantagens de um fluxo rápido (capítulo 3). Aumento na flexibilidade dos planos de produção, redução no tempo de atendimento a clientes, redução no estoque em processo, redução na atividade com base especulativa, exposição dos problemas, redução do estoque de acabados e redução dos custos indiretos foram os benefícios apresentados como resultado da aceleração do fluxo de produção.

Uma vez demonstrado como a velocidade se constitui em uma vantagem competitiva relevante e tomando-se como premissa que o primeiro passo para o gerenciamento é o controle, indicou-se como se pode medir a velocidade e outros parâmetros correlatos, através de diversos indicadores de desempenho (capítulo 4). São eles: tempo médio de atravessamento, eficiência de fluxo, tempo do ciclo de produção e abastecimento, atraso médio de entregas, tempo médio de atendimento a clientes, índice de operações em base firme, giro anual dos estoques e cobertura de estoques. Foi proposta uma ferramenta - Matriz

de localização de problemas / Check list de soluções - para efetivar o monitoramento dos itens de controle apresentados.

No capítulo 5 demonstrou-se a inadequação dos sistemas de custeio tradicional em computar os benefícios de um fluxo rápido e o custeio ABC foi apresentado como uma ferramenta que, de certa forma, preenche esta lacuna, embora seja uma posição contestada na ótica da Teoria das Restrições.

Sabendo o quanto a velocidade é importante e como medi-la em um sistema industrial, o próximo passo foi fornecer elementos que possibilitam a obtenção de um fluxo rápido, o que foi efetivado no capítulo 6. Abordou-se os seguintes tópicos: ação sobre o tempo de operação individual, sobreposição e quebra de lotes, controle de produção orientado para a carga, sistemas de emissão de ordens e teoria das restrições, sempre no sentido de aparelhar o administrador com conhecimentos e ferramentas que apoiem a aceleração do fluxo de produção.

No capítulo 7, finalmente, foi apresentado um estudo de caso, com os objetivos de reforçar a compreensão no que se refere à relação entre os parâmetros estoque em processo, taxa de produção e tempo de atravessamento, assim como exemplificar a forma pela qual um falso bom senso pode levar a decisões prejudiciais à empresa.

8.2. Recomendações para futuros desenvolvimentos

A própria natureza deste trabalho, uma dissertação de mestrado, limita sua extensão, mas espera-se que o mesmo sirva de base ou, ao menos, desperte o interesse para realização de novas pesquisas versando sobre o mesmo assunto. A seguir, apresenta-se alguns temas relacionados que podem ser objeto de estudos de interesse.

- **Operação em Sub-capacidade** - Na realidade do dia a dia da manufatura nem sempre o objetivo é maximizar a produção - é freqüente que uma fábrica opere com apenas uma porcentagem relativamente reduzida de sua capacidade de produção. Não é por isto que se deve abrir mão da eficiência. Um entendimento correto das relações entre estoque em processo, taxa de produção e tempo de atravessamento pode evitar perdas desnecessárias. Pesquisar neste campo pode ser muito útil.

- **Tratamento estatístico** - Talvez uma das maiores contribuições deste trabalho seja a de servir como base para posteriores considerações de ordem estatístico/probabilística. Uma nova análise, sob a ótica estatística pode resultar em grande contribuição.

- **Pesquisa de campo** - O levantamento de situação, estratificado por região, por ramo de atividade ou dimensão de empresa ou mesmo por nível de sucesso competitivo traria um quadro útil a respeito da situação no que tange à velocidade do fluxo de produção.

- **Simulações** - A utilização de recursos computacionais de simulação, com aplicação de modelos baseados em teoria das filas pode ser de muita utilidade para comparar modos alternativos de se gerenciar a velocidade do fluxo produtivo. O apelo pedagógico do uso dessas ferramentas de simulação (ARENA, Promodel, etc.) pode ser bastante útil na elucidação dos conceitos apresentados neste trabalho.

- **Outros elementos de competitividade** - a velocidade se constitui em um dos cinco elementos para se obter vantagens competitiva através da manufatura - os outros são qualidade, confiabilidade de entregas, custos e flexibilidade. A abordagem dos outros aspectos, sempre sob a ótica da competitividade, pode, sem dúvida, gerar pesquisas de interesse.

8.3. Considerações Finais



Na pesquisa para desenvolvimento da dissertação, o autor foi naturalmente conduzido a tomar contato com técnicas e abordagens que representam o estado da arte em termos de gestão de manufatura. O processo de elaboração foi, em si, extremamente educativo. De forma similar, o autor crê que, na prática da manufatura, o administrador que decidir concentrar seu esforço na obtenção de um fluxo de produção rápido, forçosamente passará pelo que de mais atual há no que se refere a fabricação.

A focalização dos esforços administrativos na aceleração do fluxo produtivo cria um verdadeiro roteiro de excelência em manufatura - alcançar uma velocidade cada vez maior na produção passa por atuar na produtividade, na qualidade, nos sistemas de gestão da produção, no arranjo físico e na motivação do pessoal.

Procurou-se, além de trazer ao leitor as idéias de diversos autores de reputação consolidada, incorporar a contribuição do autor. Este trabalho reivindica o mérito de haver

reunido idéias dispersas em trabalhos de escopo mais amplo que, justamente em função desta maior amplitude, não se debruçaram especificamente sobre o tema.

Acredita-se que o objetivo proposto de trazer entendimento a diversas questões relativas ao assunto foi cumprido. O entendimento em si não pode ser considerado como uma meta final, mas é uma condição cada vez mais necessária para o cumprimento das funções executivas dos sistemas produtivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADACHI, T et al.** A concurrent engineering methodology using analogies to just in time concepts. *Journal of Production Research*. vol 33, no 3, pp 587-609. March, 1995.
- ALMEIDA, D. A.** *Critical path analysis type scheduling in a finite capacity environment*. Tese de doutorado. Cranfield. 1992.
- _____. Os gargalos na produção. *Cadernos DEP*. São Carlos. Ano X - no 20. 1993.
- APICS Dictionary**. 6th ed. Falls Church, Va. American Production and Inventory Control Society, 1987.
- BECHTE, Wolfgang.** Theory and practice of load-oriented manufacturing control. *Int. J. Prod. Res.* 1988, vol. 26, No. 3, 375-395.
- BEISHEL, Mark E.** Improving production with process value analysis. *Journal of Accountancy*. Sept., 1990.
- BLACKSTONE Jr, John H.** *Capacity Management*. Cincinnati. South-Western. 1989.
- BURBIDGE, John L.** *Planejamento e controle da produção*. São Paulo. Atlas. 1983.
- CAMPOS, Vicente Falconi.** *TQC : Controle da qualidade total*. 4. Ed. Belo Horizonte. Fundação Cristiano Ottoni. 1992.
- CORBETT NETO, Thomas.** *A contabilidade de ganhos. A contabilidade gerencial da teoria das restrições*. São Paulo. Nobel. 1997.
- DRUCKER, Peter F.** The emerging theory of manufacturing. *Havard Business Review*. Boston . p94-102, May-June, 1990.
- FLEURY, Afonso C.C., VARGAS, N.** *Organização do trabalho: uma abordagem interdisciplinar e sete estudos sobre a realidade brasileira*. São Paulo. Atlas. 1983.
- GOLDRATT, Eliyahu.** *Síndrome do palheiro, garimpando informação num oceano de dados*. São Paulo. IMAM. 1991.
- GOLDRATT, E., COX, J.** *The goal*. New York. North River Press. 1985.

- GRAUF**, William M. Lead time, the key to gain control over manufacturing. *Autofact '89, Conference Proceedings*. Oct./Nov., 1989.
- HAUTLEY**, J.R.. *Concurrent engineering*. MA. Productivity Press. 1992.
- HUANG**, Philip Y. The key to lead time control. *American Production & Inventory Control Society*. s.l. 1985.
- KANAWATY**, George. *Intruduction to work study*. 4 ed. Geneve. International Labour Office. 1992.
- KINGSMAN**, B.G. et al. A structural methodology for managing manufacturing lead times in make-to-order companies. *European journal of operational research*. 40 (1989) 196-209. North Holland.
- MARTINS**, Eliseu. *Contabilidade de custos*. 4 ed. São Paulo. Atlas. 1991.
- MILLER**, J.G. et al. The hidden factory. *Havard business review*. Pages 142 -150. September-October, 1985.
- OSTRENGA**, Michael et al. *Guia da Ernst & Young para gestão total de custos*. Rio de Janeiro. Record. 1993.
- PAMPLONA**, Edson de Oliveira. *Contribuição para a análise crítica do sistema de custos ABC através dos direcionadores de custos*. Tese de doutorado. FGV/EAESP. 1997.
- PLOSSL**, George W. *Administração da produção*. São Paulo. McGraw-Hill. 1993.
- RADHARAMARAN**, R. Concurrent engineering and design for maunufacture. *Anais do XIII ENEGEP*. 1993.
- ROSA**, E.B. *Parâmetros de desempenho: a vantagem competitiva das empresas - estudo de caso*. Dissertação de Mestrado. EFEI. Itajubá. 1996.
- SCHONBERGER**, Richard J., **KNOD**, Edward m. Jr. *Operations Management: servingthe customer*. 4 ed. Texas. Business Publications. 1988.
- SINK**, D. Scoot, **TUTTLE**, Thomas C.. *Planejamento e medição para performance*. Rio de Janeiro. Qualimark. 1993.
- SLACK**, Nigel. *Vantagem competitiva em manufatura : atingindo competitividade nas operações de industriais*. São Paulo. Atlas. 1993.
- STALK JR**, George. Time, the next sorce of competitive advantage. *Harvard business review*. Pages 41-51. July-August, 1988.
- WESTWICK**, C.A.. *How to use management ratios*. UK. Gower Press Limited. 1981.
- WIENDHAL**, Hans-Peter. Throughput-oriented lot sizing. *Annal's of the CIRP*. Vol. 39. 1990.

EFEI / BIBLIOTECA

ESTE LIVRO DEVE SER DEVOLVIDO NA

ÚLTIMA DATA CARIMBADA.

| | |
|--------------------|---------------------|
| 04/03/99 | 31/05/2005 |
| 19-5-99 | 16/06/05 |
| 28.8.99 | 16/06/05 |
| 09/05/00 | 16/06/05 |
| 03/06/00 | 30/06/05 |
| 23-10-2000 | 01.06.07 |
| 14-06-02 | 23/03/12 |
| 06/07/02 | 02.04.12 |
| 20/07/02 | 20/04/12 |
| 21-6-2003 | |
| 09 MAR 2005 | |
| 12-03-05 | |
| 21.3.2005 | |
| 24.03.05 | |
| 01.04-05 | |
| 06/04/05 | |
| 20.05.05 | |
| 19/5/05 | |

EFEI - BIBLIOTECA MAUÁ

8200948



NÃO DANIFIQUE ESTA ETIQUETA