

Capítulo 1

Introdução/Antecedentes

“O consumidor externo decide o preço. O consumidor interno decide o custo. Os gerentes se concentram na diferença (o lucro)”

INTRODUÇÃO

Nós estamos entrando agora num novo período no mundo industrial, ao qual podemos chamar de “terceira revolução industrial”.

A primeira começou com o advento das máquinas-ferramenta, da criação de fábricas, e um movimento de pessoas das fazendas para as cidades. Atualmente somente cerca de 3% das pessoas trabalham diretamente em fazendas, mas sua produtividade continua a aumentar a cada dia (ver figura 1.1). Como a figura 1.2 ilustra, a quantidade de mão-de-obra na agricultura alcançou a maior baixa em todos os tempos. A quantidade de mão-de-obra direta em fábricas tem continuamente decrescido da mesma maneira. Isto não significa que menos pessoas trabalham somente na agricultura ou na indústria de produção de alimentos; isto significa que a mão-de-obra direta foi significativamente reduzida devido a um grande, freqüentemente automatizado, equipamento agrícola dedicado.

<i>Produção de milho e trigo</i>			<i>Pessoas supridas com alimentos</i>	
Como a produção de milho e trigo aumentou em alqueires (=36 litros) por acre (4.047m ²)			Número de consumidores supridos com alimentos, a partir da mão-de-obra de um único fazendeiro nos EUA	
<u>Ano</u>	<u>Milho</u>	<u>Trigo</u>	<u>Ano</u>	<u>Pessoas</u>
1883	24,2	12,3	1942	13,0
1963	67,9	25,2	1952	16,4
1973	91,3	31,6	1962	28,6
1980	91,0	34,4	1972	53,4
1981	109,8	34,5	1982	76,0
1982	114,5	35,6		

Figura 1.1. Produtividade em fazendas continuou a aumentar com menos pessoas produzindo mais comida
(Fonte: Departamento da Agricultura dos EUA)

A segunda revolução industrial começou no início dos anos 1900, com o advento das linhas de montagem e do conceito de Ford da produção em massa. Sistemas grandes e caros, chamados “linhas transfer”, fizeram parte daquela tendência. Estes sistemas, cujo desenvolvimento tornou-se completo nos anos 40, tinham mecanismos automáticos de manuseio de material a partir dos quais o termo *automação* evoluiu. Este tipo de automação é chamada atualmente de *fixa*, em contraste com a automação flexível, que inclui máquinas programáveis.

Em anos recentes, uma terceira revolução industrial tem ocorrido, tão dramática quanto as anteriores. Esta revolução consiste no uso de computadores para controlar tanto processos como sistemas inteiros, incluindo sistemas de informação. O mesmo que ocorreu nas fazendas está ocorrendo nas fábricas. Durante um certo período de tempo, menos pessoas trabalharão no chão de fábrica, porém mais pessoas estarão envolvidas na produção de bens. Deve-se lembrar que agrega-se valor e cria-se riqueza somente através da conversão de materiais pela manufatura (ou agricultura).

O declínio histórico na mão-de-obra da manufatura nos EUA segue o declínio da mão-de-obra da agricultura. No ano 2000, a porcentagem de pessoas trabalhando na manufatura será de cerca de 15%, enquanto o setor de serviços será de cerca de 30 a 35%. A porcentagem trabalhando na agricultura permaneceu entre 2 e 3%. Espera-se o mesmo em relação à manufatura em torno do ano 2050.

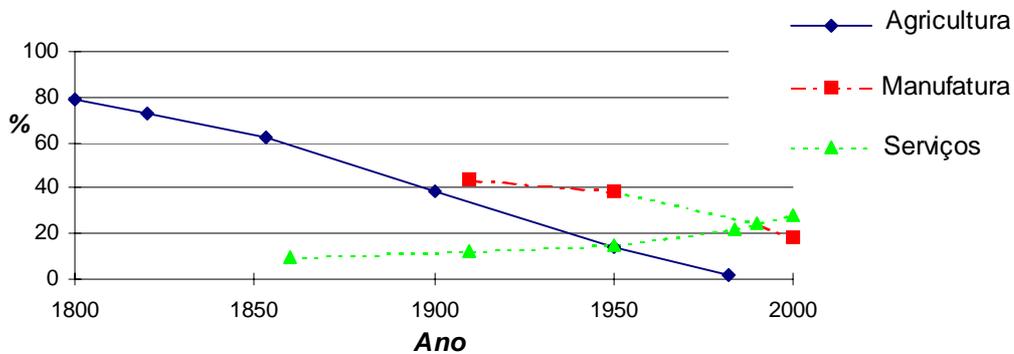


Figura 1.2. Tendência histórica nas indústrias de agricultura, manufatura e serviços

O número de empregos que têm sido criados a cada ano é maior do que aqueles que são eliminados pela automação. O trabalhador da fábrica de hoje equivale ao fazendeiro na virada do século. O trabalho na fazenda é difícil, e dura longas horas. A modernização da fazenda liberou muitas pessoas para trabalhar em outros lugares (nas fábricas). Agora a tendência é que as pessoas não desejem trabalhar em empregos difíceis, sujos, muitas vezes chatos, e até mesmo perigosos das fábricas. Portanto, a tendência é de que a sociedade deixe de ser baseada na indústria. Isto não significa que vamos abandonar as fábricas, o que certamente significaria o enfraquecimento dos nossos países.

A fábrica de amanhã exigirá níveis maiores de conhecimento e modos mais efetivos de transferência de informação acerca da qualidade e quantidade de produtos manufaturados. A base de conhecimento dos trabalhadores de fábrica deve ser aumentada para melhorar a sua produtividade, e conseqüentemente a produtividade de empresa. O conhecimento possui um valor de mercado, particularmente conhecimento técnico, mas normalmente os norte-americanos tendem a dá-lo de presente, ou vendê-lo àquele que oferece menos. O Japão comprou muito do conhecimento técnico que ele necessitou para construir carros, equipamentos eletrônicos e máquinas-ferramenta. Os

Sistemas Integrados de Manufatura

primeiros microscópios eletrônicos japoneses foram essencialmente duplicatas dos instrumentos da Siemens. Todas as áreas dos produtos japoneses têm algo em comum, isto é, a elevada e sofisticada tecnologia. Por exemplo, a usinagem de precisão de lentes magnéticas e a fabricação de eletrônica de alta voltagem foram chave para a construção de microscópios eletrônicos de alta qualidade.

A informação (conhecimento de alta tecnologia) possui valor porque pessoas desejam pagar por ele. A informação também possui um custo porque gasta-se para produzi-lo. Isto é especialmente verdadeiro para informação tecnológica.

A fábrica do futuro necessitará sistemas superiores de informação, e muitas pessoas que possam analisar, programar, e também lidar com as informações fluindo de e para a fábrica. O aspecto único sobre o conhecimento e a informação é que, diferentemente da energia, ele não segue as leis de conservação. O conhecimento e a informação são sinérgicos, cada um promovendo o crescimento do outro. Portanto, quando o trabalhador da fábrica torna-se mais educado e com mais conhecimento sobre como todo o sistema de manufatura funciona, o sistema funcionará melhor.

Processos e sistemas de manufatura devem tornar-se mais simples ao mesmo tempo que tornam-se mais automatizados. Frequentemente produtos são reprojitados para que eles possam ser fabricados e/ou montados automaticamente. No próximo século nós veremos significativamente menos pessoas no chão de fábrica. Estes trabalhadores serão melhor educados, e se envolverão na solução de problemas diários da produção, em trabalhar para melhorar todo o sistema, e na tomada de decisões sobre como melhorar seus empregos e o sistema de manufatura.

O que incentivou esta revolução foi a competição, principalmente dos japoneses, numa grande variedade de produtos e mercados. Seus preços são competitivos e sua qualidade superior. Eles têm sido capazes de financiar esta notável transformação através de empréstimos do governo e empresas privadas a juros baixos. Mais importante, eles desenvolveram técnicas para reduzir níveis de estoque, que resultaram em melhor fluxo de caixa devido à maior frequência de movimento de recursos que seriam gastos com estoque.

Muitas pessoas nos EUA acreditam que o sucesso japonês foi devido ao excesso de produtos lançados no mercado norte-americano, ou devido ao suporte governamental dado a indústrias alvo, ou devido a diferenças culturais. Os japoneses são pessoas que trabalham duro, mas os norte-americanos também são. A noção de que este sucesso foi simplesmente o resultado longas horas trabalhando por salários baixos não é correta, simplesmente porque produtos complexos e de qualidade estão sendo construídos. A verdade é que os japoneses desenvolveram um novo sistema de manufatura que é funcionalmente diferente daquele dos americanos. No início, deve-se entender os fatores significativos deste novo sistema para que possamos determinar quais elementos devem ser implementados em nossos sistemas.

Considere a seguinte evidência: em 1977 uma empresa japonesa chamada Matsushita comprou uma fábrica de televisões “Quasar” da Motorola, localizada em Chicago. A fábrica dava prejuízo sempre. No contrato de compra, a Matsushita concordou que todas os empregados permaneceriam. As primeiras mudanças que foram implementadas foram limpar a fábrica e pintar o chão. Eles também promoveram o gerente de controle de qualidade a gerente da fábrica, portanto dando o primeiro passo na integração do controle de qualidade ao sistema de manufatura. Dois anos mais tarde eles ainda tinham essencialmente os mesmos 1000 empregados, mas tinham reduzido a mão-de-obra indireta de 50%. Durante aquele período, a produção diária duplicou. A qualidade, medida pelo número de reparos feitos na fábrica, aumentou 20 vezes. Indicadores externos de qualidade também melhoraram. Enquanto a Motorola tinha gasto uma média de US\$ 16.000.000,00/ano em custos referentes à garantia, os gastos da Matsushita foram de US\$ 1.000.000,00. Estas são diferenças grandes, alcançadas nos EUA, com trabalhadores norte-americanos.

Os japoneses tiveram um objetivo econômico fundamental desde o fim da 2ª Guerra Mundial, isto é, oferta total de emprego através da industrialização. Eles procuraram obter o domínio do mercado em áreas seletivas de produtos, que tinham em comum a tecnologia. A tática japonesa pode ser dividida em quatro partes:

- a) Eles concentraram-se em produtos que requeriam alta tecnologia para alcançar a qualidade.
- b) Eles importaram sua tecnologia de todo o mundo em vez de desenvolvê-la eles mesmos. Por exemplo, toda a indústria japonesa de semicondutores foi construída a partir de uma compra de US\$ 25.000,00 feita à Texas Instruments pelos direitos ao processo de semicondutores. Exemplos semelhantes são numerosos.
- c) Eles desenvolveram um novo sistema de manufatura, com características de flexibilidade e entrega dos produtos no tempo certo, num mínimo custo, continuamente. Eles educaram seus trabalhadores a colocar seu melhor talento de engenharia no chão de fábrica em vez da sala de projetos. Aqueles que dizem que os japoneses não são criativos ou engenhosos simplesmente procuraram as evidências nos lugares errados. Em vez de inventar uma ratoeira, eles desenvolveram uma maneira melhor de fabricar ratoeiras de melhor qualidade e num custo menor.
- d) Eles desenvolveram um sistema que produzia produtos de qualidade superior. Eles acreditavam no controle total da qualidade e ensinaram isto para todos, desde o presidente da empresa até o trabalhador no chão de fábrica. Eles foram capazes de mudar de um país que fabricava lixo para uma nação que podia dar aos seus consumidores produtos de elevada confiabilidade.

A implementação de tais táticas baseou-se em dois conceitos fundamentais. A maioria dos fabricantes concorda com estas táticas a princípio, mas a diferença é o grau no qual os japoneses as aplicam: 1) eliminar o desperdício, e 2) grande respeito pelas pessoas.

CONCEITOS FUNDAMENTAIS DE SISTEMAS INTEGRADOS DE MANUFATURA

Eliminação do desperdício (elementos que não agregam valor):

- fábricas dentro da fábrica
- fluxo contínuo da manufatura
- redução/eliminação do tempo de preparação ("setup")
- controle da qualidade integrado (eliminação de defeitos)
- controle de estoque integrado (kanban)
- just-in-time
- manufatura/montagem de modelos variados ("mixed")

Respeito pelas pessoas:

- atitude da gerência em favor dos empregados
 - automação/robótica para resolver problemas
 - gerenciamento consensual
 - inclusão de fornecedores
 - métodos de compensação
-

Desperdício aqui significa qualquer coisa que não corresponda à mínima quantidade de equipamento, materiais, peças e trabalhadores (tempo de trabalho) que seja absolutamente essencial para a produção. Estoques devem ser minimizados. Se algo (p.ex. matéria-prima) não puder ser utilizado agora, não deve ser fabricado agora porque seria desperdício. O outro elemento básico é o respeito pelas pessoas. Todos esses elementos devem ser incluídos na definição de Sistemas Integrados de Manufatura.

O reprojeto de sistemas de manufatura requer uma mudança de filosofia dentro da empresa. O envolvimento do empregado e o trabalho em equipe originam-se na idéia de que nenhum empregado é melhor do que outro. Todos são chamados de "associados". Não há escritórios privados. Não há um restaurante executivo. Não há estacionamentos preferenciais (exceto para o associado do mês). O sistema antigo no qual a gerência diz para os trabalhadores o que fazer e como fazer deve mudar. Entretanto, esta mudança normalmente requer que a gerência tenha coragem de transferir uma grande parte do poder de tomada de decisões para as pessoas no chão de fábrica. A reestruturação do sistema de manufatura e de produção ajuda esta transição mais difícil. A maior mudança é psicológica: convencer os trabalhadores na fábrica que nada é mais importante do que o que eles pensam e como eles se sentem sobre o sistema de manufatura. Para isto funcionar, as realizações devem ser descobertas e recompensadas. As pessoas não vão suar a camisa a menos que haja um forte sistema de recompensas.

INTRODUÇÃO AOS S.I.M.

A implementação de um S.I.M. requer uma mudança a nível dos sistemas - uma mudança que impacta todos os segmentos da empresa, desde a contabilidade até o envio do produto para o cliente. Dez passos delineiam a metodologia do S.I.M. (ver figura 1.3). Antes da empresa aplicar esses 10 passos, todos os níveis (desde os trabalhadores na produção até a gerência) devem ser educados na filosofia e conceitos do S.I.M. A gerência deve estar totalmente comprometida com este empreendimento. Cada trabalhador deve estar envolvido, motivado e comprometido com a mudança.

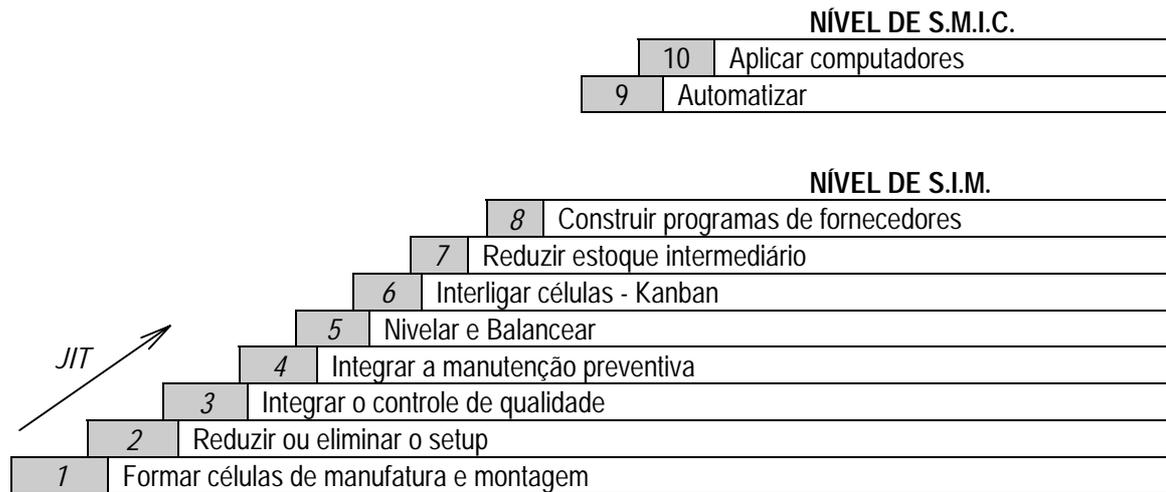


Figura 1.3. Dez passos para o S.I.M.

A conversão para a produção celular é uma mudança a nível de sistemas que afeta o ambiente da fábrica e as suas relações funcionais. Esta é uma estratégia de longo prazo. Mudar o sistema de manufatura equivale a um transplante de coração. Trata-se de uma grande cirurgia, e normalmente não se tem escolha.

Mudar um sistema de manufatura é muito difícil. É o sistema de manufatura que produz os bens que o consumidor quer ou compra. Existem dois grupos de pessoas que o sistema de manufatura deve satisfazer: aquelas que usam os produtos, e aquelas que usam os sistemas que fabricam os produtos. O segundo grupo corresponde aos consumidores internos, e é normalmente o menor dos dois grupos. Os consumidores externos do sistema de manufatura compram ou usam os produtos fabricados pelos consumidores internos. O sistema de manufatura deve ser reestruturado para o benefício do consumidor interno. A satisfação no emprego para o consumidor interno inclui recompensas financeiras, além de um bom ambiente de trabalho. Os consumidores externos também devem ser satisfeitos. Eles determinam o preço. Todos na fábrica devem entender que o custo, não o preço, determina o lucro. O consumidor externo quer baixo custo, qualidade superior e entrega no momento certo.

OS 10 PASSOS PARA O S.I.M.

A próxima geração de fábricas será projetada com um novo tipo de sistema de manufatura chamado “Sistema de Manufatura de Células Interligadas” (“L-CMS”). Este novo tipo de sistema é uma parte integral de uma estratégia de 10 passos, desenvolvido pelo Prof. J.T. Black (Auburn University, EUA), para converter uma fábrica existente numa fábrica com um futuro (“FWAF”).

Após aplicar os primeiros 8 passos, o sistema de manufatura terá sido reprojetoado e integrado com as funções críticas do controle de qualidade, controle de estoque, controle da produção e manutenção de máquinas. Segue-se então a aplicação da automação e dos computadores.

1º Passo: Formar Células - Construir a Fundação

O sistema de manufatura existente é sistematicamente reestruturado e reorganizado numa fábrica de células manuais de manufatura e montagem. A célula constitui-se de um grupo de processos projetados para fabricar uma família de peças de um modo flexível. Os trabalhadores nas células podem cuidar de mais de um processo, inclusive vários tipos diferentes de processos.

2º Passo: Reduzir ou Eliminar o Setup: Implementar um Sistema RETAD

RETAD significa “troca rápida de ferramental e matrizes (“dies”). Aplica-se o RETAD visando reduzir ou eliminar o setup. A formação de células para famílias de peças força todos a enfrentar os problemas referentes ao setup. O tempo de mudança de uma peça para outra dentro da célula deve certamente ser o mínimo possível. Todos no chão de fábrica devem ser ensinados como reduzir o tempo de setup usando o sistema chamado “troca de matrizes num só minuto” (“SMED”) (ver figura 1.4). Este sistema funciona para qualquer processo. No primeiro estágio, o método atual é estudado e analisado. No segundo estágio, o setup interno é distinguido do setup externo. No estágio 3, o setup interno é convertido em setup externo. No estágio 4, todos os aspectos do setup são examinados, e os ajustes são eliminados. Este é o primeiro passo no programa de treinamento do operador que desenvolve trabalhadores multifuncionais. Uma equipe de redução de setup é constituída para assistir os trabalhadores na produção com seus problemas, demonstrar um projeto sobre o “pior” problema de setup da empresa, e treinar trabalhadores na abordagem de SMED.

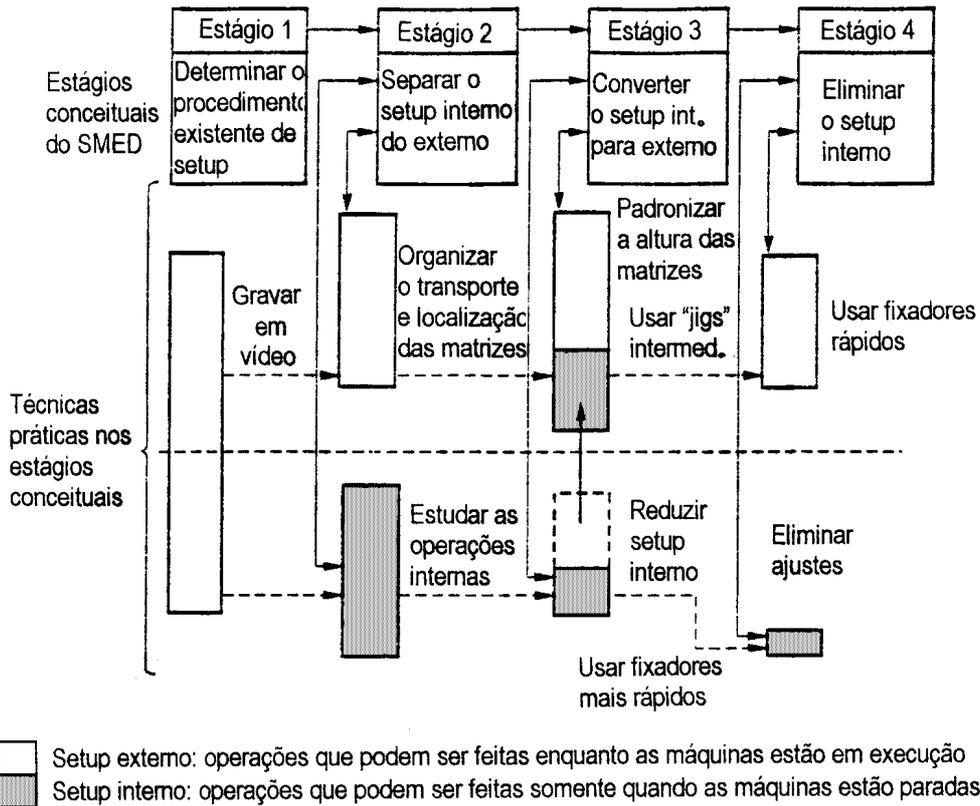


Figura 1.4. Estágios conceituais e técnicas práticas do sistema SMED (desenvolvido por S. Shingo, 1985)

3º Passo: Integração do Controle de Qualidade

O projeto da célula cria um ambiente que conduz ao controle de qualidade. Peças defeituosas não podem sair da célula (sendo consideradas boas). A abordagem “uma-de-cada-vez” da célula significa fazer uma, checar uma, passar uma adiante. Portanto, os trabalhadores na célula devem ser multifuncionais. Eles devem saber como reduzir o setup e organizar a sua área de trabalho. Eles também devem desempenhar outras funções, incluindo controle de qualidade e melhoria do processo. Todo trabalhador tem a responsabilidade e autoridade para fabricar o produto corretamente da primeira vez, todas as vezes. Ao dar-se aos trabalhadores as ferramentas necessárias para o controle da qualidade, alcança-se o controle da qualidade no sistema de manufatura, resultando numa grande redução nos defeitos.

4º Passo: Integração da Manutenção Preventiva/Confiabilidade das Máquinas

Um programa de manutenção preventiva pode ser executado ao dar-se aos trabalhadores as ferramentas e treinamento adequado para efetuar a manutenção dos equipamentos. Ao reduzir o tempo

de setup, pode-se reduzir a utilização das máquinas acima da capacidade, o que permite aos operadores reduzir a velocidade do equipamento. A redução da pressão sobre os trabalhadores e processos para produzir uma dada quantidade é parte da estratégia de produzir-se qualidade perfeita.

5º Passo: Nivelar e Balancear a Montagem Final

Todo o sistema de manufatura é nivelado (i.e. cada processo é concebido para produzir a mesma quantidade de peças ao longo do tempo) e balanceado para fabricar pequenos lotes (i.e. tempos iguais), visando reduzir o problema (choque) de mudanças. Um sistema simplificado e sincronizado é usado para produzir o mesmo número de tudo, a cada dia, se necessário. Tempos longos de setup em linhas de montagem e manufatura devem ser eliminados. Na montagem final de produtos de modelos variados, é importante fazer pelo menos um modelo de cada produto a cada dia para que os trabalhadores na produção não se esqueçam como fazer isto corretamente. Nivelamento e Balanceamento é discutido no Capítulo 8.

6º Passo: Integração do Controle da Produção: Interligar as Células via Kanban

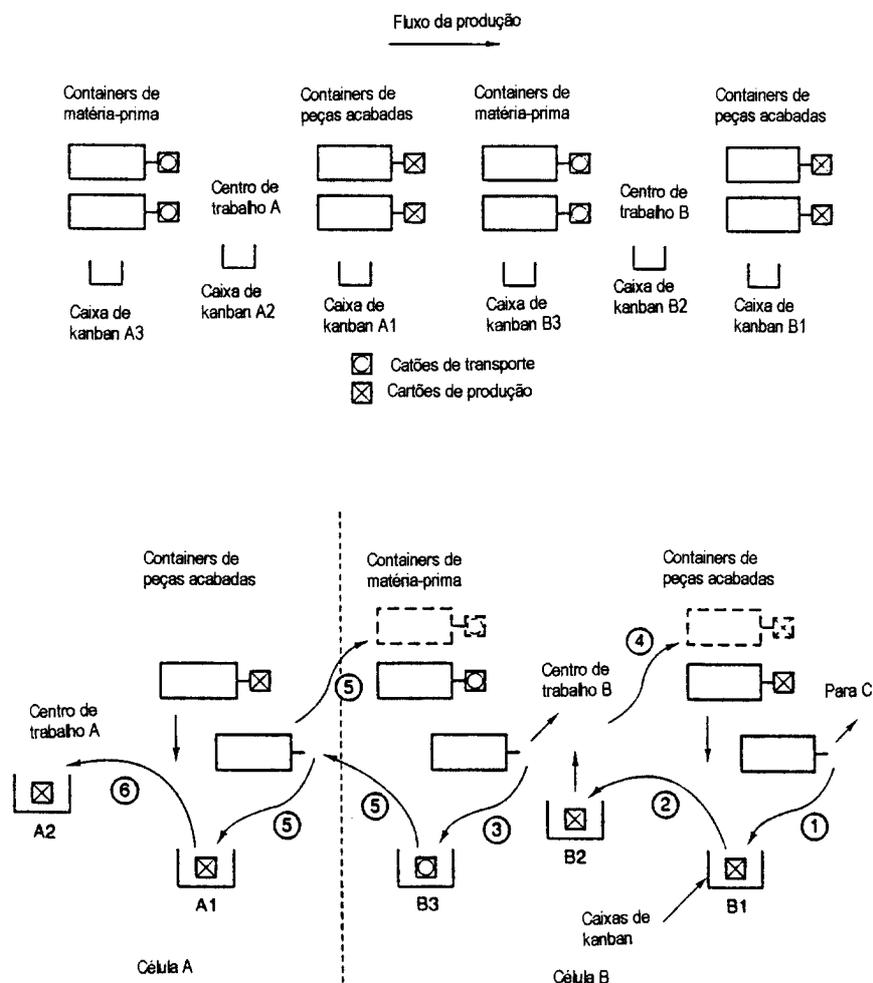
Interligando-se as células, integra-se o controle da produção. Processos posteriores ditam as taxas de produção de processos anteriores. Somente a montagem final é agendada. O layout atual do sistema de manufatura agora define as trajetórias que as peças tomam através da fábrica. Este passo começa com kanbans (ver figura 1.5). Os kanbans são cartões que controlam o movimento de materiais entre os processos. Existem dois tipos básicos: o kanban de transporte (WLK) é utilizado por uma célula à frente, que puxa material de uma célula anterior. O kanban de produção (POK) atua como expedidor para as células, agendando o que fazer, qual encomenda fabricar, e quantas fazer. O material flui dentro da estrutura. Esta é a integração da função de controle da produção. O que é singular sobre este sistema é que a informação sobre o movimento de material flui na direção oposta à do material. Portanto, as células à frente ditam os volumes de produção para trás.

Número da Peça _____ Nome da Peça _____			Processo anterior Processo posterior
Capacidade da caixa	Tipo de caixa	Emissão Nº	

Kanban de transporte (WLK)

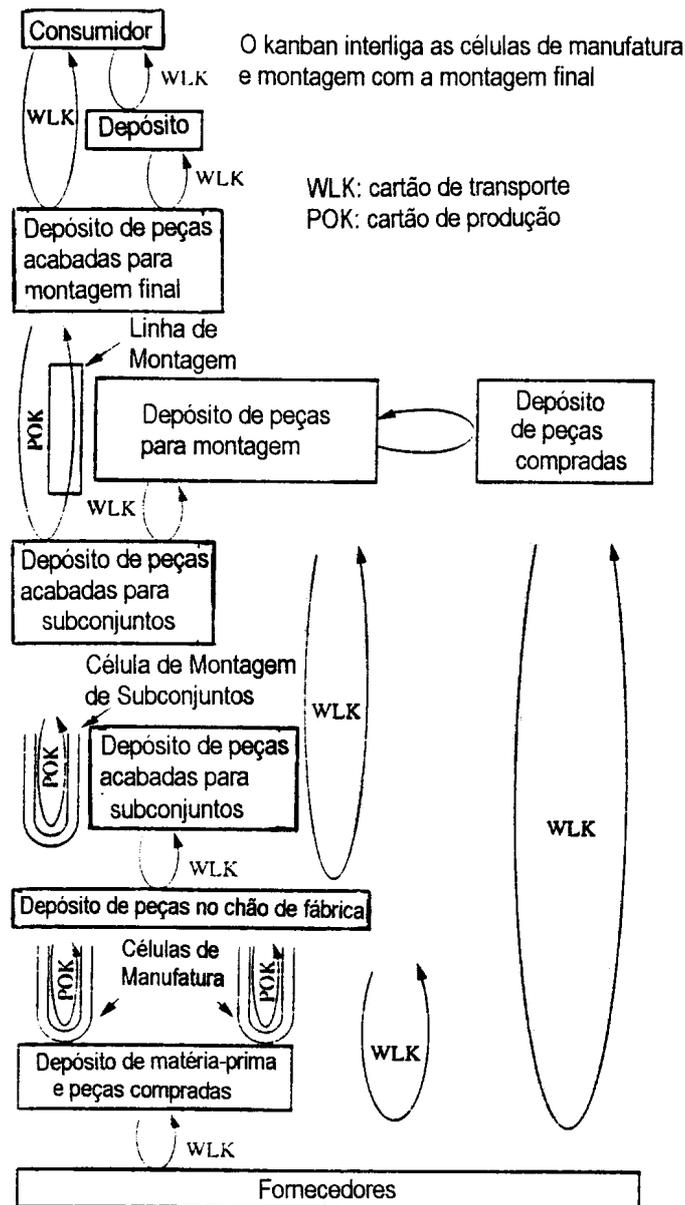
Número da Peça _____ Nome da Peça _____ Localização no estoque: Capacidade do container:	Processo
---	----------

Kanban de produção (POK)



(a) Kanban de dois cartões, e sua movimentação

Figura 1.5. Kanbans em células de manufatura e montagem



(b) Células de manufatura e montagem são interligadas à área de montagem final através de kanbans

Figura 1.5. Kanbans em células de manufatura e montagem (continuação)

7º Passo: Integração do Controle de Estoque: Redução do Estoque Intermediário/ Exposição de Problemas

A integração do controle de estoque ao sistema reduz drasticamente os tamanhos de lote e estoque intermediário (WIP). As pessoas no chão de fábrica controlam diretamente os níveis de estoque em suas áreas. As interligações de kanban servem como buffers de armazenamento controláveis, protegendo elementos à frente de problemas anteriores. A redução controlada no nível de estoque nas interligações revela os problemas nas células (ver figura 1.6). O sistema portanto usa o

controle (redução) de estoque para expor os problemas em vez do estoque em excesso para escondê-los.

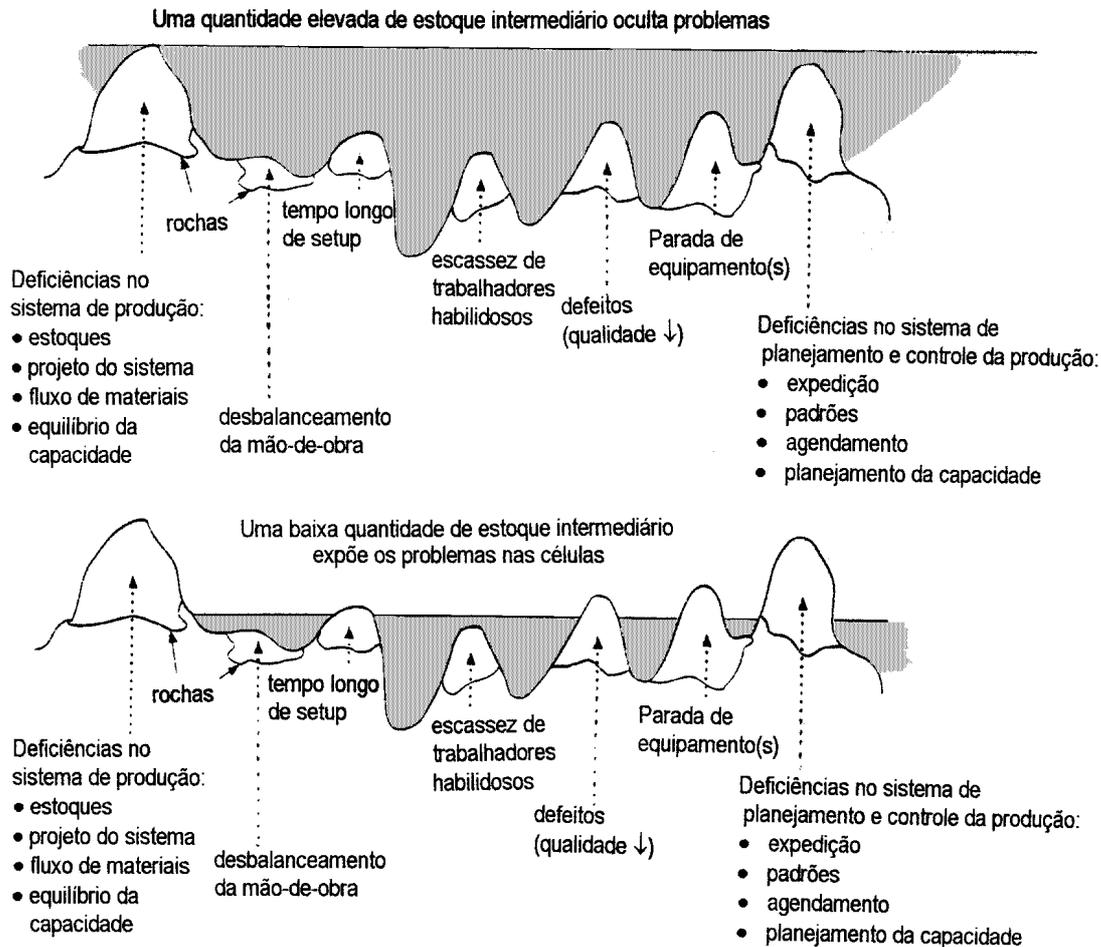


Figura 1.6. A analogia das rochas no rio

8º Passo: Estender o S.I.M. para Incluir os Fornecedores

O passo para a conversão final é educar e encorajar os fornecedores da empresa a desenvolver qualidade superior, baixo custo e entrega rápida. Os fornecedores devem ser capazes de entregar os materiais quando e onde for necessário, sem necessidade de inspeção. A rede de células interligadas eventualmente inclui cada fornecedor, que tornam-se células remotas.

9º Passo: Automatizar e Robotizar para Resolver os Problemas

Este passo envolve a conversão de células manuais para células automatizadas. Este é um processo que é aplicado pela necessidade de resolver-se problemas de qualidade ou capacidade (para eliminar um gargalo). Ele começa com a mecanização de operações como preparar, carregar, fixar, descarregar, inspecionar e então passa-se à detecção e correção automática de problemas e defeitos.

10º Passo: Uso de Computadores para Interligar o Sistema de Células Interligadas ao Sistema de Manufatura

A aplicação total de computadores no sistema de células interligadas é o último passo na conversão. Neste ponto, a configuração do chão de fábrica é simples e flexível o suficiente para a implementação de computadores eficientes para o seu controle (ver figura 1.7). O segredo aqui é não usar o computador no sistema de manufatura existente, isto porque introduzir o computador no sistema integrado é mais fácil.

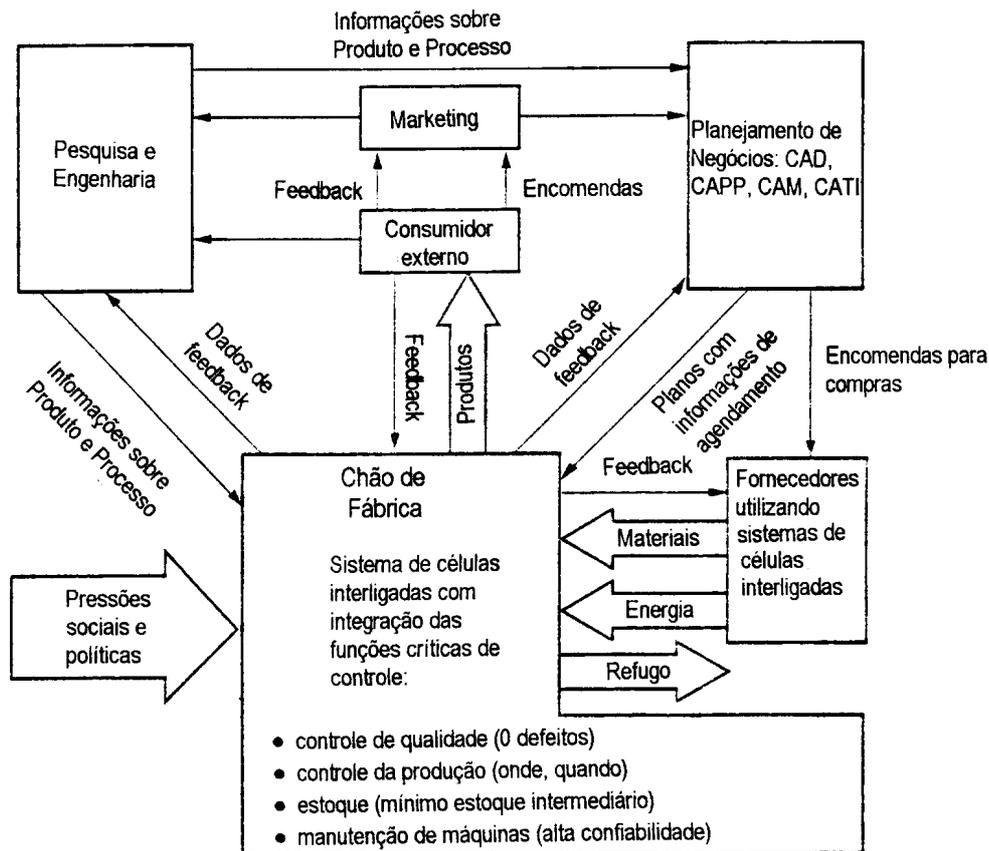


Figura 1.7. Modelo simplificado de sistema de manufatura

RESUMO DO S.I.M.

Todo sistema de manufatura tem certas funções de controle que devem ser executadas. A tabela 1.1 resume oito funções e lista as ferramentas que tanto o S.I.M. como o job shop utilizam para auxiliar estas funções.

Tabela 1.1. Como oito funções da manufatura são controladas

<i>Funções</i>	<i>Categorias</i>	<i>S.I.M.</i>	<i>Job Shop</i>
Taxa de produção	Famílias de produtos	Nivelamento do sistema de manufatura	Plano de produção
Produtos a serem fabricados	Bens acabados para estoque (MTS), encomendas do consumidor para estoque (MTS)	Plano Mestre de Produção (MPS)	Plano Mestre de Produção (MPS)
Materiais necessários	Peças (tanto fabricadas como compradas)	Sistema "pull"- cartões WLK	Sistema "push" - MRP
Capacidade necessária	Produção de estações chave e fornecedores	Controlado pelo número de trabalhadores	Planejamento de Capacidade (CRP)
Execução de planos de capacidade	Produzindo peças suficientes para satisfazer os planos	Satisfazer as necessidades à frente	Controle de entrada e saída, planos de processo
Executando planos de materiais: itens fabricados	Trabalhando na prioridade correta na fábrica	Sistema "pull"- cartões POK	relatórios de expedição, planos de processo
Executando planos de materiais: itens comprados	Comprando os itens corretos dos fornecedores	Cartões de kanban	Relatórios de compras, faturas
Informação de retorno ("feedback")	O que não pode ser executado devido a problemas	Imediatamente	Relatórios antecipados de atraso

Independentemente do tipo de sistema de manufatura, as mesmas funções de controle são executadas por todo sistema de manufatura. Entretanto, as ferramentas usadas pelo S.I.M. diferem significativamente das ferramentas do job shop. Num S.I.M., muitas ferramentas são manuais (p.ex. cartões de kanban, ordens verbais), enquanto num MRP a ferramenta mais importante é o computador. Se o sistema onde o computador está sendo implementado for bom, a versão computadorizada tem uma boa possibilidade de êxito.

ANTECEDENTES SOBRE SISTEMAS DE MANUFATURA

A história humana tem sido relacionada à habilidade de converter matéria-prima em bens usáveis. Isto começou na Idade da Pedra e continuou além da Era do Cobre e Bronze até a Era do Ferro. A Era do Aço, com os sofisticados materiais ferrosos e não ferrosos, tem dominado o mundo dos materiais nos últimos 100 anos. Estamos agora entrando na era dos materiais fabricados sob encomenda tais como plásticos, compósitos e cerâmicos, porém os metais ainda representam uma importante porção de materiais usáveis (e reusáveis).

Com o aumento na variedade dos materiais, ocorre a expansão dos processos. Processos de manufatura são desenvolvidos para adicionar valor aos materiais o mais eficientemente possível. Avanços na tecnologia da manufatura freqüentemente são os responsáveis pelas melhorias na produtividade. Mesmo quando uma tecnologia de manufatura é proprietária, a competição freqüentemente ganha livre acesso a ela.

Materiais, pessoas e equipamentos são fatores interrelacionados na manufatura que devem ser combinados adequadamente para atingir baixo custo, qualidade superior e entrega no tempo certo. Tipicamente, como ilustrado na figura 1.8, 40% do preço de venda de um produto representa custo de manufatura. Como o preço de venda é determinado pelo mercado, o lucro freqüentemente depende da

redução do custo de manufatura. Mão-de-obra direta, que é normalmente o objetivo da automação, representa apenas 12% do custo da manufatura, apesar de que muitos vêem isto como o principal fator no aumento da produtividade.

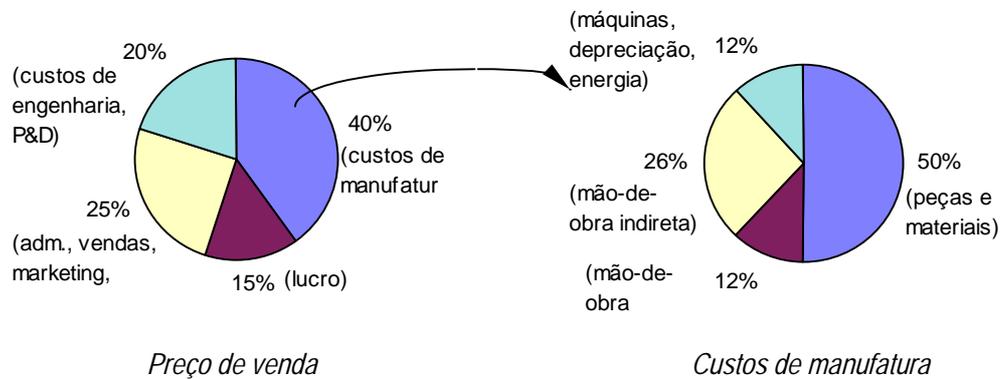


Figura 1.8. O custo da manufatura é o maior dentro do preço de venda. O maior custo da manufatura é o custo com materiais.

A estratégia do S.I.M. ataca os custos de materiais, custos indiretos e custos de administração geral, além dos custos de mão-de-obra. Custos de materiais incluem custo de capital e o custo de armazenagem e manuseio de materiais na fábrica. Reduções na mão-de-obra direta terão somente pequenos efeitos sobre os custos com pessoal. Uma abordagem sistêmica, levando em consideração todos os fatores, deve ser aplicada. Isto requer um conhecimento confiável e amplo sobre materiais, processos e equipamentos daqueles que tomam a decisão, e também de um conhecimento de sistemas de manufatura.

MUDANÇA NA COMPETIÇÃO MUNDIAL

Em anos recentes, mudanças significativas no mundo da manufatura de produtos têm acontecido. Algumas delas são:

- Competição mundial entre empresas de alto nível;
- Tecnologia avançada de processos de manufatura;
- Novas estruturas, estratégias e gerenciamento de sistemas de manufatura.

A competição mundial é agora um fato da vida da manufatura. Na manufatura de automóveis, a competição estrangeira está se instalando em solos brasileiro, norte-americano, e outros, demonstrando sem dúvida que o novo sistema de manufatura funciona tanto no Japão, Coréia, como em qualquer outro lugar. O futuro trará mais (não menos) competidores de alto nível no mercado. Todos com capital suficiente para ter acesso a novas tecnologias de processos de manufatura (tecnologia pode sempre ser comprada). Portanto, o segredo para o sucesso na manufatura é construir uma empresa que possa entregar no tempo certo (tempo de produção curto), produtos de qualidade superior para o consumidor no mínimo custo possível (mínimo desperdício), e ainda ser flexível.

SISTEMA DE MANUFATURA E CHÃO DE FÁBRICA

Manufatura é o termo que significa disponibilizar bens e serviços para satisfazer as necessidades do homem. Manufatura implica agregar valor através do trabalho físico e mental.

Processos de manufatura são combinados e compõem o *chão de fábrica*. Alguns elementos são introduzidos no chão de fábrica, e o mesmo produz produtos para o consumidor. O *sistema de manufatura* contém o chão de fábrica e todas as áreas funcionais da fábrica que fornecem informação, projeto, análise e controle (ver figura 1.9). De uma forma mais ampla, um sistema de manufatura é um sistema de produção que produz bens. Existem sistemas de produção que produzem serviços, como por exemplo transportes, bancos, finanças, seguros, hospitais, escolas, comunicações, entretenimento, eventos esportivos, etc. Eles correspondem a mão-de-obra útil que não produz diretamente um produto físico.

Termos (jargões, palavras) de produção têm uma ordem definida de importância, e alguns destes são ilustrados na tabela 1.2.

Tabela 1.2. Termos de produção para sistemas de manufatura

<i>Termo</i>	<i>Significado</i>	<i>Exemplos</i>
Sistema de manufatura (toda a empresa)	Toda a empresa: todas as pessoas, máquinas, materiais e informação, considerados coletivamente.	Empresas que fabricam motores, vidro; fundição
Chão de fábrica (conjunto de processos)	Uma série de processos de manufatura resultando em produtos finais específicos; o arranjo ou layout de todos os processos, equipamentos e pessoas.	Uma série de operações ou processos interligados; um job shop, um processo contínuo, um sistema de células interligadas
Processo de manufatura (máquina)	Um equipamento específico projetado para efetuar processos específicos; frequentemente chamado de máquina-ferramenta; máquinas-ferramenta são interligadas para formar um sistema de manufatura.	Fresadora, torno, soldador, prensa, máquina para fundição sob pressão.
Tarefa (algumas vezes chamada de estação)	Um conjunto ou sequência de operações feitas em máquinas, ou um conjunto de tarefas efetuadas por um trabalhador num local ou numa linha de montagem.	Operar máquina, inspecionar peça, montar A e B.
Operação (algumas vezes chamada de processo)	Uma ação ou tratamento específico, o conjunto do qual resulta na tarefa de um trabalhador.	Furar, alargar, dobrar, soldar, torneiar, facear, fresar, extrudar.
Ferramental (ferramentas, dispositivos de fixação de peças, etc.)	Os dispositivos utilizados para fixar, cortar, dar forma aos materiais; chamados de ferramentas de usinagem, máscaras, grampos, matrizes, punções, etc.	Rebolo, broca helicoidal, macho, fresa de topo, matriz, máscara, morsa.

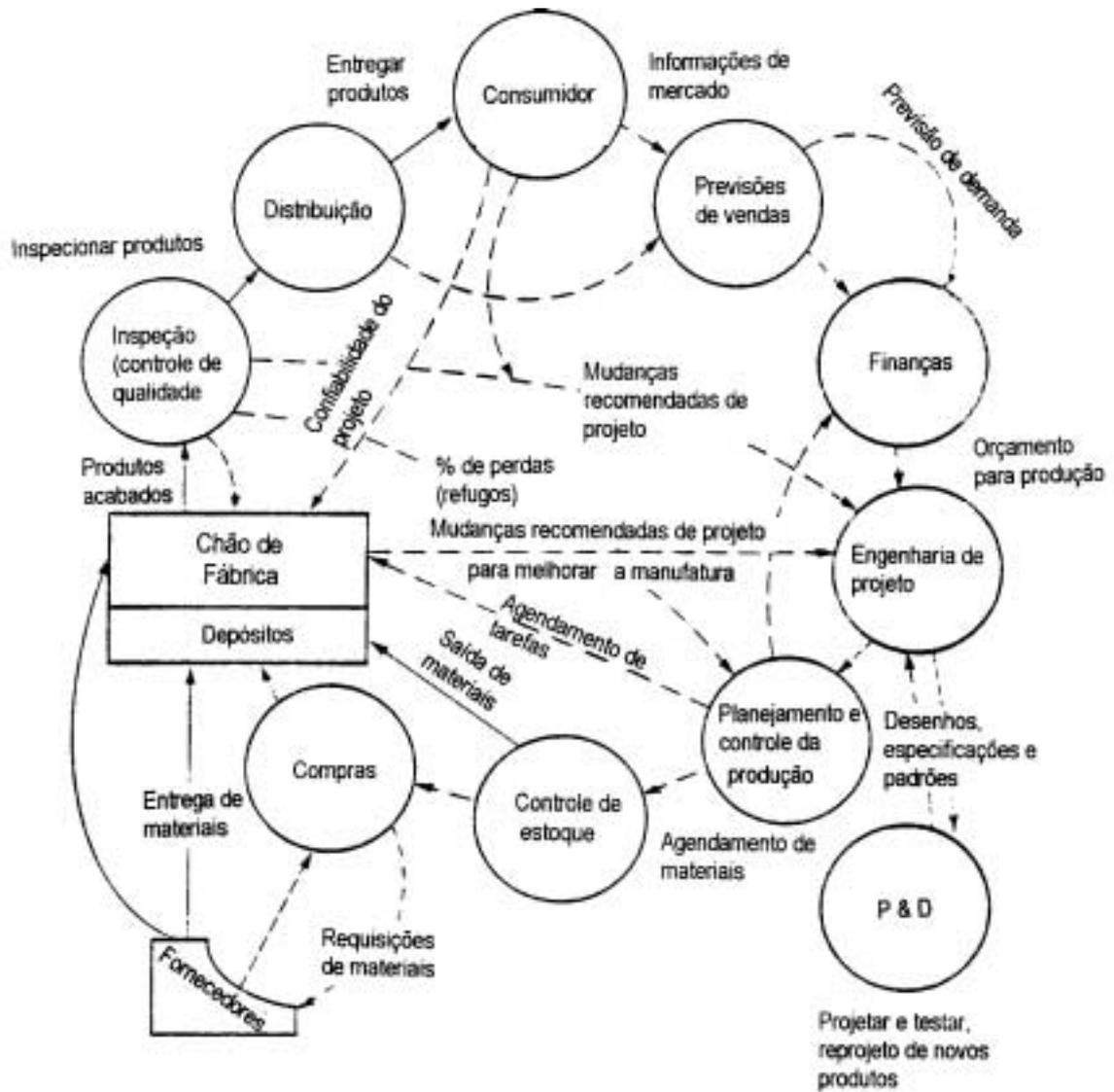


Figura 1.9. As funções e sistemas num sistema de manufatura

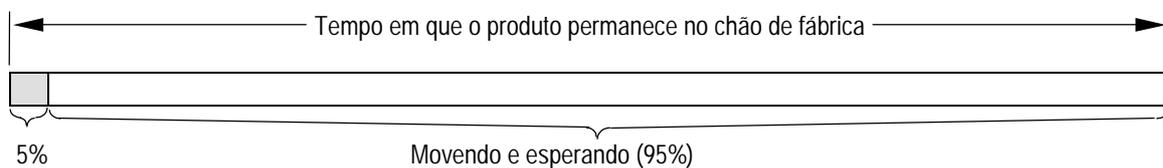
SISTEMAS DE MANUFATURA

O topo da pirâmide na hierarquia de termos é o *sistema de manufatura*, que inclui pessoas, equipamentos, materiais, gerência, marketing, vendas, distribuição e o chão de fábrica.

CHÃO DE FÁBRICA

No chão de fábrica tem-se um conjunto ou arranjo de operações e processos para fabricar um ou mais produtos ou peças desejados. Nele encontram-se os equipamentos reais que executam os processos e o arranjo daqueles processos. O controle do chão de fábrica significa controlar o sistema como um todo, não os processos ou equipamentos individuais. Todos os usuários do chão de fábrica devem entender como ele funciona (se comporta). Ele deve ser controlado para regular os níveis de estoque, o movimento de materiais através da fábrica, taxas de produção, e qualidade do produto.

Existem muitos tipos de layout de chão de fábrica, mas o job shop é o mais comum. Devido à sua configuração, o job shop tem um dos melhores custo-benefícios de todos os sistemas. As peças num job shop típico passam somente 5% do tempo nas máquinas, e o resto do tempo esperando ou movendo-se de uma área funcional para a próxima. Uma vez a peça estando na máquina, ela é processada somente 36% do tempo (ver figura 1.10). O resto do tempo a peça é carregada, descarregada, inspecionada, etc. O advento das máquinas de comando numérico aumentou a porcentagem do tempo que a máquina retira cavaco porque os movimentos das ferramentas são programados, e as máquinas podem mudar automaticamente as ferramentas ou carregar e descarregar as peças. Mas o fato de que essas máquinas ainda são utilizadas num ambiente de job shop significa que ainda existe uma elevada porcentagem de espera e atraso.



Como os 5% são gastos efetivamente:

14%	Tempo de setup necessário para mudar o ferramental para peças diferentes
17%	Posicionamento e descarregamento da peça
17%	Mudança de ferramentas para diferentes operações
16%	Inspeção e rebarbação
36%	Remoção de cavacos (agrega valor)

Figura 1.10. Utilização típica do tempo de produção em operações de remoção de material com dispositivos convencionais para o manuseio de ferramentas, carregamento de peças, setups e inspeção.

A porcentagem de tempo na produção de cavacos (cerca de 40%) vezes a porcentagem de tempo na máquina (5%) resulta em 2% de tempo produtivo num turno de 8 horas. Suponha que seja recomendado que o processo seja atualizado, aumentando a porcentagem de tempo produzindo cavacos para 50% (ou mesmo 60%) (p.ex. utilizando uma máquina mais rápida, cujo preço poderá atingir US\$ 300.000,00). Mas se não houver mudança no chão de fábrica, o efeito será pequeno, de apenas 1%. Entretanto, se o chão de fábrica for reestruturado para aumentar o tempo na máquina para 50% do tempo que o produto permanece na fábrica, melhorias no processo resultarão em melhorias significativas na produtividade geral.

COMPREENDENDO OS NEGÓCIOS DA EMPRESA

A compreensão da tecnologia dos processos da empresa é muito importante para todos na empresa. A tecnologia da manufatura afeta: a) o projeto do produto e o sistema de manufatura; b) o modo como o sistema de manufatura pode ser controlado; c) os tipos de pessoas envolvidas; e d) os materiais que podem ser processados. A tabela 1.3 ilustra as características da tecnologia dos processos. Uma crítica válida às empresas norte-americanas é que seus gerentes parece que têm aversão à compreensão das tecnologias de manufatura de suas empresas. Isto sem dúvida relaciona-se ao argumento apresentado na seção anterior, isto é, por que se preocupar com processos unitários e sua melhoria quando eles têm impacto tão pequeno no custo final?

Tabela 1.3. Caracterização de uma tecnologia de processo

Mecânica (estática e dinâmica do processo): <i>Como funciona o processo?</i> <i>Qual a mecânica do processo?</i> <i>O que ocorre fisicamente, e o que causa isto ocorrer</i> <i>(compreender a física do processo)</i>	Capacidade do processo: <i>Qual a precisão do processo?</i> <i>Quais tolerâncias o processo satisfaz?</i> <i>Quão repetíveis são essas tolerâncias?</i>
Econômico/custos: <i>Quais são os custos de ferramental? De engenharia?</i> <i>Quais custos são de curto prazo e de longo prazo?</i> <i>Quais são os custos de setup?</i>	Incertezas/confiabilidade do processo: <i>O que pode dar errado?</i> <i>Como essa máquina pode falhar?</i> <i>Quais as preocupações das pessoas quanto a esse processo?</i> <i>Esse processo é confiável, estável?</i>
Tempos: <i>Quanto tempo leva para efetuar o setup?</i> <i>Como esse tempo pode ser encurtado?</i> <i>Quanto tempo leva para executar uma peça, estando ela preparada?</i> <i>Quais parâmetros de processo afetam o tempo de execução?</i>	Habilidades: <i>Quais habilidades de operadores são críticas?</i> <i>O que não é feito automaticamente?</i> <i>Quanto tempo leva para aprender a executar o processo?</i>
Restrições: <i>Quais são os limites do processo?</i> <i>O que não pode ser feito?</i> <i>Quais as restrições ao processo (p.ex. tamanho da peça, velocidades, forças, volume de produção, potência, custo)?</i> <i>O que é muito difícil fazer dentro de uma previsão aceitável de custo/tempo?</i>	Flexibilidade: <i>Através desse processo pode-se executar novas peças facilmente a partir de um novo projeto ou material?</i> <i>Como esse processo reage à mudança no projeto da peça e na demanda?</i> <i>Quais mudanças são fáceis de fazer?</i>

Entretanto, a falta de compreensão dos negócios da empresa pode levar a empresa à bancarrota. O modo de se superar a aversão que os muitos executivos da empresa têm pela tecnologia de manufatura é executar o processo e estudar a tecnologia. Somente alguém que operou uma prensa pode entender a influência do avanço, torque e impacto sobre as peças produzidas. Aqueles que executam os processos devem participar nas decisões da fábrica. O gerente (ou diretor) que passa as férias trabalhando no chão de fábrica aprendendo os processos estará a caminho de tornar-se o chefe de uma empresa bem sucedida.

CICLO DE VIDA DO PRODUTO

Sistemas de manufatura são dinâmicos e mudam com o tempo. Tem havido um relacionamento geral e clássico entre o ciclo de vida do produto e o tipo de sistema de manufatura que o produz. A figura 1.11 subdivide o ciclo de vida nos seguintes passos:

- Lançamento ⇒ Novo produto ou nova empresa, baixo volume de produção, pequena empresa.
- Crescimento ⇒ O produto torna-se padronizado e o seu volume aumenta rapidamente. A habilidade da empresa para satisfazer a demanda pressiona a sua capacidade.
- Maturação ⇒ Padrões de projeto surgem. O desenvolvimento de processos é muito importante.
- Comodidade ⇒ Vida longa, produto que é um padrão da indústria.
- Declínio ⇒ O produto é lentamente substituído por outros produtos melhores.

A maturação de um produto no mercado geralmente resulta em menos competidores, e esta competição baseia-se mais no preço e na entrega no tempo certo, do que características específicas do produto. Ao mudar-se o foco competitivo durante os diferentes estágios do ciclo de vida do produto, as exigências sobre a manufatura (i.e. custo, qualidade, flexibilidade e dependência da entrega) também mudam. O estágio do ciclo de vida do produto afeta: a estabilidade do projeto do produto; o tempo de desenvolvimento do produto; a frequência das mudanças no projeto; e a semelhança entre as peças. Todos esses fatores têm implicações para o sistema e processos de manufatura. A primeira linha da figura 1.11 mostra que o sistema de manufatura é mudado durante o ciclo de vida do produto. Estes sistemas de manufatura serão discutidos no Capítulo 2.

O conceito de ciclo de vida do produto fornece uma estrutura para pensar sobre a evolução do produto através do tempo e os tipos de segmentos de mercado que provavelmente surgirão ao longo do tempo. Os diferentes projetos de sistemas de manufatura refletem a habilidade da empresa de manufaturar diferentes volumes de produção ao mesmo tempo em que o custo por unidade diminui.

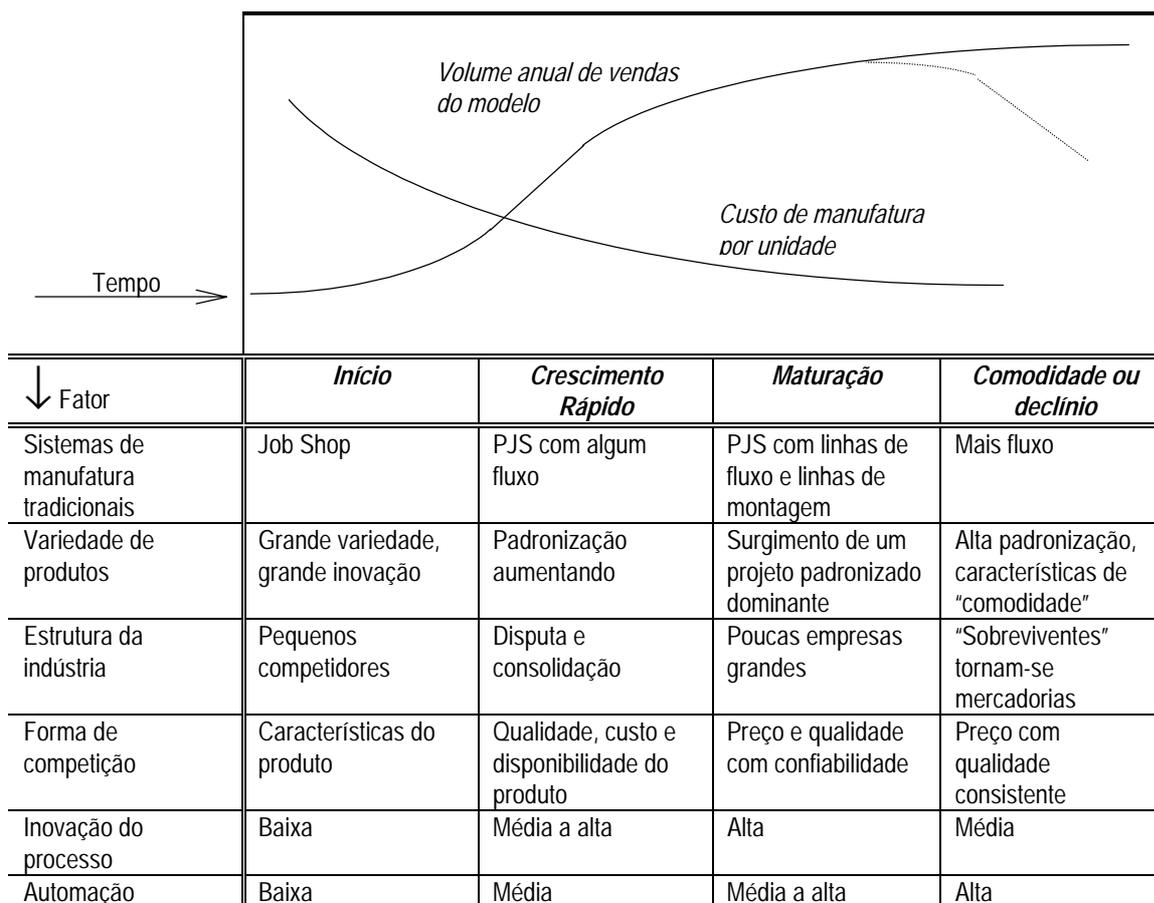


Figura 1.11. Relação tradicional entre o ciclo de vida do produto e o desenvolvimento/evolução do sistema de manufatura (o eixo horizontal é o tempo. Antes do início ocorre o projeto inicial e a prototipagem, que pode levar alguns anos).

A abordagem de células interligadas mudou este conceito clássico porque elas possibilitam uma empresa a diminuir significativamente o custo por unidade, mantendo a flexibilidade e efetuando transições suaves de baixos volumes para altos volumes. Isto é, o mesmo sistema flexível pode acomodar grandes mudanças no volume sem ter que mudar significativamente o projeto do sistema de manufatura. Isto tornar-se-á claro depois que os Capítulos 2, 3 e 4 tiverem sido examinados em detalhes.

Em termos da novos projetos, a Toyota e a Honda são exemplos de empresas que estão há anos desenvolvendo S.I.M.'s. Elas são capazes de introduzir novos modelos (novos projetos, estilos) a cada três anos, e eles acreditam que poderão em breve diminuir este tempo para dois anos. As empresas em Detroit tem tentado diminuir o ciclo de vida do produto, que é atualmente de quatro a seis anos, para três anos.

UM NOVO SISTEMA DE MANUFATURA

Muitos países têm aproximadamente o mesmo nível de desenvolvimento da tecnologia da manufatura. Muita tecnologia que existe no mundo hoje foi desenvolvida na Inglaterra, Alemanha e EUA. O Japão, e agora Taiwan e Coréia, têm introduzido seus produtos fortemente no mercado norte-americano, particularmente nas indústrias automotiva e eletrônica. O que muitas pessoas deixaram de reconhecer é que a metodologia é tão poderosa quanto a tecnologia, e que surgiu um tipo diferente de sistema de manufatura que permite a integração funcional de elementos críticos de toda a empresa. O modelo original real desse sistema é a Toyota. O sistema é conhecido como JIT, concebido por Taiichi Ohno.

Muitas empresas norte-americanas adotaram com êxito alguma versão do sistema da Toyota. A experiência de dúzias destas empresas é condensada em 10 passos, que se seguidos podem tornar qualquer empresa vitoriosa.

Qualidade é o passo crítico. Para o JIT funcionar, 100% de peças boas fluem em seu ritmo para os processos subsequentes sem interrupção. Para alcançar isto, um programa integrado de controle de qualidade (“IQC”) deve ser desenvolvido. A responsabilidade pela qualidade é dada ao pessoal da manufatura, e existe um comprometimento da empresa para a melhoria contínua da qualidade. O objetivo é fabricar certo (perfeito) pela primeira vez, tornando a qualidade fácil de ver, parando a linha quando algo errado ocorre, e inspecionando 100% se necessário para evitar a ocorrência de defeitos. Os resultados deste sistema são impressionantes. Seis dentre dez modelos de automóveis sem defeitos em 1985 nos EUA foram Toyotas. Os japoneses, liderados pela Toyota e Honda, tiveram uma média de 169 problemas por carro, comparado com 268 problemas/carro para os americanos, e 267 problemas/carro para os europeus.

Os japoneses tornaram-se competidores mundiais pelo desenvolvimento de projeto superior e tecnologia de processos. Agora, o Japão está concentrando-se na inovação de produtos com ênfase em produtos de alto valor agregado. O Japão gasta 14% de cada dólar/venda em pesquisa e desenvolvimento (P&D). Uma empresa norte-americana típica gasta menos de 5% em P&D. Muitas empresas japonesas estão formando joint-ventures com empresas norte-americanas. Se os japoneses são capazes de utilizar P&D norte-americano, assim como eles são capazes de comercializar a tecnologia de projeto e processo trazida dos EUA, muitas outras empresas norte-americanas estarão em sérios apuros.

ALTA TECNOLOGIA PRECISA DE UM TOQUE HUMANO

O fator mais importante para o sucesso (econômico) da manufatura é a maneira pela qual os recursos de trabalhadores, materiais e capital são organizados e gerenciados para fornecer uma efetiva

coordenação, responsabilidade e controle. Parte do sucesso do Sistema da Toyota (que é um S.I.M.) pode ser atribuído à abordagem diferente de gerenciamento, que é holística em relação às pessoas, e inclui:

- a) Decisão consensual das equipes de gerenciamento em conjunto com a decisão no nível mais baixo possível.
- b) Confiança mútua, integridade e lealdade entre trabalhadores e gerência.
- c) Trabalho em equipe ou grupos, um crescimento a partir das células interligadas.
- d) Incentivos financeiros na forma de bônus para o desempenho na empresa.
- e) Eliminação de salários pagos por horas e peças extras.
- f) Emprego estável (até mesmo durante toda a vida) para todos os empregados de tempo integral, em conjunto com uma grande parte dos trabalhadores em tempo parcial.

Muitas empresas nos EUA empregam todos ou alguns desses elementos, e uma empresa pode ser organizada e gerenciada de muitas formas diferentes. O segredo real de um S.I.M. reside no projeto de um chão de fábrica simplificado no qual cada um compreende como ele funciona e como ele é controlado, e a tomada de decisões é feita no nível correto. No jogo da manufatura, produtos de baixo custo, e qualidade superior são o resultado do trabalho em equipe dentro de um S.I.M.