

***Takt-time*: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção**

Roberto dos Reis Alvarez

Grupo de Produção Integrada (GPI) da EP e do PEP/COPPE – <http://www.gpi.ufrj.br>

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Caixa Postal 68.507 – Centro de Tecnologia da UFRJ – Ilha do Fundão

Rio de Janeiro – RJ – 21945-970

Fone/fax: 0xx21 562 7415 - e-mail: alvarez@gpi.ufrj.br

José Antonio Valle Antunes Jr.

Produttore Consultores Associados – <http://www.produttore.com.br>

Rua 24 de Outubro 111 cjto. 1103 – Moinhos de Vento

Porto Alegre – RS – 90510-002

Fone/fax: 0xx51 346 5536 - e-mail: junico@produttore.com.br

Professor do Centro de Ciências Econômicas da UNISINOS

RESUMO

O presente trabalho tem como preocupação central esclarecer, o máximo possível, o conceito de *takt-time*, na medida em que se pode observar um hiato na literatura que trata do tema em relação à compreensão das diferenças conceituais entre esse e as definições de tempo de ciclo e tempo padrão. Procura-se estabelecer uma conceituação rigorosa desses termos, tendo como referência básica os princípios gerais do Sistema Toyota de Produção (STP).

Enfatiza-se a importância crucial da variável tempo para a gestão dos sistemas de produção, partindo-se da problemática da sincronização do fluxo dos materiais ao longo do tempo e do espaço no STP. Nesse contexto, ressalta-se a centralidade do *takt-time* na gestão da produção em diferentes aspectos do Sistema. Nuances relativas à flexibilidade também são destacadas.

Os pontos conceituais que marcam a lógica da utilização do *takt-time*, a partir da ótica mais ampla da sincronização da produção, permitem identificar os limites de aplicação da sistemática. Finalmente, é analisada a relação da sistemática de gestão baseada na definição do *takt-time* com as lógicas da qualidade assegurada e da formação de recursos humanos.

Palavras-chave: *takt-time*, tempo de ciclo, sincronização da produção, Sistema Toyota de Produção.

1. INTRODUÇÃO

Este artigo deriva da percepção da importância que a sincronização da produção com base no *takt-time* tem dentro do Sistema Toyota de Produção (STP). Além de aspectos operacionais, esse elemento tem relevância nas discussões de Estratégia de Produção relativas ao STP, especialmente com respeito à dimensão flexibilidade.

O livro Sistema Toyota de Produção de Yasuhiro Monden (1984), cuja versão original em inglês data de janeiro de 1982, apresenta um dos primeiros modelos estruturados e abrangentes do STP. Posteriormente, outros autores trataram de interpretar e esquematizar o STP, tornando-o palatável para o público ocidental e disseminando os conceitos da ‘produção enxuta’, bem como esse termo em si. Destacam-se os trabalhos de Schonberger (1982) e de pesquisadores do Massachusetts Institute of Technology (MIT) no âmbito do *International Motor Vehicle Program* (IMVP), especialmente Womack, Jones & Roos (1990). Em outra frente, pesquisadores da escola francesa de Sociologia do Trabalho se debruçaram sobre as novas formas de organização do trabalho observadas no Japão de forma geral e, particularmente, na Toyota – um bom exemplo dessa vertente é o trabalho de Coriat (1994).

Os autores japoneses clássicos de Engenharia de Produção e Engenharia Industrial, especialmente Taiichi Ohno (1996) e Shigeo Shingo (1996a; 1996b), apresentam uma leitura particular do STP. No Brasil, Ghinato (1995) aprofundou a discussão a partir dessas interpretações, pondo sob os holofotes o “ pilar” (Ohno, 1996) menos estudado do STP: a lógica da automação – capacidade que o homem ou a máquina têm de parar o processamento quando a quantidade programada for atingida ou quando surgir algum defeito nos componentes/produtos fabricados. Outro entendimento conceitual do Sistema Toyota de Produção é oferecido por Antunes Jr. (1998), que o situa dentro do “paradigma das melhorias voltadas para o processo”, juntamente com a Teoria das Restrições e a Reengenharia de Processos, inserindo um claro viés sistêmico na interpretação do STP.

Dentre as linhas teóricas mencionadas, privilegia-se aqui o referencial provido pelos autores japoneses clássicos e as leituras construídas a partir do estudo do seu legado conceitual.

Para que seja possível iniciar a discussão relativa ao *takt-time*, há que se reconhecer que, do ponto de vista da operação do STP, a linearização e o encadeamento do fluxo de materiais têm fundamental relevância. Conforme Monden (1984), isso é realizado de duas formas gerais:

- Com a utilização do sistema *kanban* para conexão de células de produção;
- Através da produção em fluxo unitário em linha (*one piece flow*) – transferência de

materiais entre postos de trabalho se dá em lotes de tamanho igual a uma unidade (peça). Objetivamente, o que ocorre é uma combinação dessas duas modalidades. A gestão pelo tempo assume papel primordial na medida em que a fábrica como um todo se adapta ao ritmo definido para a linha de montagem.

A centralidade da gestão baseada em tempo no âmbito do STP difere da tradicional abordagem de controle de tempos até então em voga no Ocidente, embora derive dessa em grande parte; pelo menos no que tange ao ferramental de Engenharia Industrial empregado na sua construção empírico-teórica. No caso do STP o tempo é entendido como uma variável sistêmica, associada ao fluxo dos materiais, e não simplesmente referente à análise e controle local de cada operação específica na fábrica.

Do ponto de vista da operacionalização dos sistemas de produção voltados para a melhoria do processo e, mais especificamente no caso do STP, várias questões relativas ao tema ainda carecem de esclarecimento. Particularmente, as conceituações de tempo de ciclo e *takt-time*, fundamentais para o entendimento do funcionamento do STP, são controversas. Mais do que isso, vários textos sobre o tema Sistema Toyota de Produção centram sua atenção somente no sistema *kanban*, negligenciando a relevância do *takt-time* no esquema de gestão da produção. Outros discorrem a respeito do mecanismo da operação-padrão, mas tratam a determinação dos tempos sob a perspectiva de cada célula, sem fazer as amarrações processuais devidas.

A preocupação central deste trabalho assume que o hiato existente entre a interpretação corrente da lógica do *takt-time* no âmbito do STP e a real importância desse tópico para o entendimento do Sistema precisa ser superado, bem como elucidados os conceitos associados. O desenvolvimento das idéias segue as seguintes linhas de raciocínio:

- Primeiro, discute-se a variável tempo a partir da estrutura conceitual provida pelo Mecanismo da Função de Produção, vinculando-se tempo de ciclo, *takt-time*, Função Processo e Função Operação;
- Segundo, faz-se uma discussão acerca dos conceitos de tempo de ciclo e *takt-time*, propondo-se uma conceituação consistente para os mesmos;
- Terceiro, defende-se que o tempo tem relações com diferentes dimensões competitivas sob o ângulo da produção, destacando-se os vínculos com a flexibilidade;
- Quarto, ressalta-se a importância do *takt-time* na gestão da produção no STP, discutindo-se suas relações com as lógicas da qualidade e da formação de recursos humanos.

Por fim, faz-se uma série de comentários acerca das possibilidades de aplicação da lógica do *takt-time* na gestão dos sistemas de produção, debatendo-se os limites do conceito.

A seguir, apresenta-se um instrumento analítico, de cunho sistêmico, empregado para modelar e compreender os sistemas de produção: o Mecanismo da Função de Produção (MFP).

2. A FUNÇÃO PROCESSO: O TEMPO COMO O FIO SISTÊMICO DA PRODUÇÃO

A compreensão da lógica de gestão baseada no *takt-time* só é possível com o reconhecimento da natureza processual que a embasa.

Shingo (1996a) postula que os sistemas de produção podem ser entendidos como redes de processos e operações. O MFP se sustenta no reconhecimento da existência desses dois eixos de análise, para que se entenda a sua lógica é preciso, portanto, diferenciar a Função Operação da Função Processo. A Função Processo refere-se ao acompanhamento dos objetos do trabalho (materiais) ao longo do tempo e do espaço; diz respeito ao fluxo dos materiais. A Função Operação, por sua vez, refere-se ao acompanhamento dos sujeitos do trabalho (homens, máquinas, equipamentos etc) ao longo do tempo e do espaço.

Concretamente, a ruptura conceitual possibilitada pelo MFP e característica da construção teórica de Shingo está associada ao reconhecimento de que o processo não é o somatório das operações. Uma discussão sobre o tema é encontrada em Shingo (1996a; 1996b) e em Antunes Jr. (1998). O discernimento da natureza básica da Função Processo e sua precedência sobre a Função Operação permitem a construção de um referencial conceitual robusto para o projeto de sistemas de produção de alto desempenho.

Uma vez entendida a diferença entre os conceitos de processo e operações surge a necessidade de definição de mecanismos que permitam a construção de sistemas de produção conforme a lógica das melhorias voltadas para o processo. O sistema *kanban* é o mais notório exemplo de uma solução voltada para a melhoria dos processos. Contudo, sua função é limitada no STP.

O esquema apresentado na Figura 1 representa o processo de fabricação de um automóvel na Toyota Motor Company. Conforme se pode observar, há uma divisão do fluxo em duas grandes fases. A primeira é a fase de fabricação dos componentes; na segunda fase ocorre a agregação desses componentes, a qual tem término com a montagem final dos veículos.

O *kanban* é utilizado para operar o sistema logístico entre as etapas da primeira fase e nas interfaces com a fase II. Na fase II o Sistema é programado e controlado com base no *takt-time*. A indicação de controle de produção na Figura 1 aponta que o *takt-time* é informado à etapa de soldagem. Daí para frente, o fluxo é contínuo e o processo coordenado pelo *takt-*

time, conforme lógica explicada por Rother & Shook (1998).

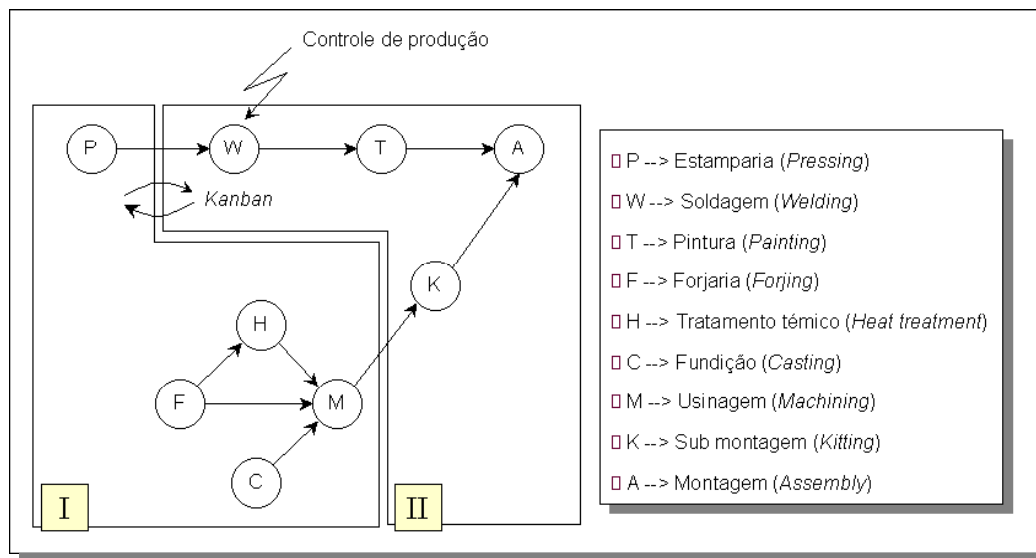


Figura 1 – Representação esquemática do processo de fabricação automobilístico (Adaptado de Toyota Motor Company, 1998).

A definição do *takt-time* também é realizada, individualmente, para cada célula de produção da fase I; sendo esse é um dos componentes das rotinas de operação-padrão das células.

O *takt-time*, portanto, faz-se presente como elemento central, em dois subsistemas da manufatura que trabalham com fluxos unitários: na montagem (agregação dos componentes) e acabamento do veículo e internamente nas células de produção. O funcionamento da fábrica orquestrado pelo *takt-time* depende, em ambos os subsistemas, da presença de dois elementos: um sistema para comunicação e controle e um marcador para o ritmo definido pelo *takt-time*.

A comunicação e controle no âmbito das células prescinde de mecanismos complexos. Nessa configuração, a comunicação direta entre os trabalhadores e o ajustamento mútuo (Mintzberg, 1993) das atividades realizadas são suficientes para garantir o andamento do trabalho. Por outro lado, na fase II, a complexidade das operações é aumentada (vários modelos montados, diferentes configurações de produtos etc), tornando inviável a comunicação direta entre os envolvidos; nessa situação, a utilização de mecanismos mais elaborados é necessária.

No STP, uma parcela significativa do sistema de comunicação e controle é confiada aos mecanismos de gerenciamento visual. Em várias plantas industriais, o *takt-time*, o progresso na execução das operações em curso e os próximos veículos a entrarem na soldagem são visualmente indicados pelo supervisor da área em painéis, *andons*, quadros etc. Esse tipo de abordagem pode ser entendido como a inserção concreta do sistema de comunicação e

controle dentro do próprio sistema de produção. Em última instância, a lógica de gestão visual objetiva a ampliação da capacidade de tratamento de informações no chão-de-fábrica e a redução do tempo de *feedback* para as ações de controle dentro do sistema; o controle é aproximado ou, até mesmo, integrado à execução.

A marcação para o *takt-time*, por sua vez, é diferenciada quando analisadas as fases I e II. No caso da linha de montagem, particularmente em linhas *transfer*, o *takt-time* é determinado com a programação da sua velocidade – recorrendo-se à terminologia cunhada por Coriat (1994), observa-se que a lógica é um misto das idéias de ‘tempo imposto’ e ‘tempo compartilhado’, visto que a determinação da velocidade da linha impõe um ritmo de trabalho a ser observado pelos operários, entretanto, por outro lado, há a possibilidade de compartilhamento das ‘operações de interface’. Outras configurações físicas são possíveis, como a definição de postos fixos de montagem e o deslocamento descontínuo do veículo a intervalos regulares.

No caso da soldagem o fluxo é unitário mas, quando as operações forem executadas manualmente, tende a não ser integrado fisicamente através de sistemas de transporte de fluxo contínuo como na linha de montagem. Nesses casos, é realizada em mesas, com o auxílio de gabaritos. O fluxo é unitário e o deslocamento se dá de modo descontínuo, com o avanço dos componentes posto a posto; via de regra, o transporte é comandado pelos próprios operadores. O ritmo definido pelo *takt-time* é mantido pela observação das rotinas de operação-padrão e não pelo avanço de um sistema mecânico de transporte.

No caso da produção de componentes nas células, o *takt-time* é elemento integrante das rotinas de operação-padrão, sendo a observância dessas a garantia da cadência de produção. A lógica de controle está, pois, fortemente baseada na padronização.

Verifica-se, pois, que tanto a coordenação interna dos subsistemas de produção como a amarração geral do fluxo dos materiais ao longo do tempo e do espaço na fábrica são feitas com base no *takt-time*. De fato, **o *takt-time* é o principal elemento concreto de modelagem e representação para a Função Processo no STP.**

Uma aparente deficiência na literatura sobre o tema é a supervalorização do sistema *kanban* como solução logística, enquanto a coordenação baseada no *takt-time* é abordada como característica local de cada célula de produção e não como um nexos mais amplo de encadeamento da Função Processo.

O entendimento desse sistema e dos conceitos subjacentes que permitem seu funcionamento, especialmente das diferenças e das relações do conceito de *takt-time* com o tempo de ciclo,

são necessários àqueles que voltam sua atenção ao estudo e à prática dos sistemas de manufatura.

3. TEMPO DE CICLO E *TAKT-TIME*: ESCLARECENDO E PROPONDO CONCEITOS

A utilização indiscriminada dos termos tempo de ciclo e *takt-time* na bibliografia e na prática industrial leva a dubiedades acerca de suas definições e a interpretações equivocadas dos conceitos por detrás dos mesmos.

Como forma de introduzir a discussão específica referente à definição desses conceitos, parte-se da gestão da fábrica com base no subsistema de operação-padrão, tal como verificado no STP, de onde os conceitos são modernamente trazidos à pauta. Como aponta Monden (1984), esse subsistemas busca atender a três propósitos básicos:

1. “obtenção de alta produtividade através de trabalho dedicado” – entenda-se “trabalho dedicado” como “trabalho eficiente, sem qualquer perda de movimento”;
2. “balancamento da linha em todos os processos em termos do tempo de produção” – neste caso, o termo “processo” utilizado por Monden (1984) se refere às interseções entre as funções Processo e Operação do MFP; trata-se, de fato, do “processamento” (transformação das características de qualidade) dos materiais;
3. manutenção de uma “...quantidade mínima de material em processo”.

Desses objetivos, pode-se inferir a presença de uma preocupação clara com a sincronização e o controle do fluxo de materiais. A lógica das perdas, basilar para a construção do STP, também pode ser notada com nitidez.

A lógica da ‘operação-padrão’ no STP não envolve apenas a sistematização e descrição das seqüências de operações; ainda conforme Monden (1984), três elementos a constituem:

- i. Tempo de ciclo;
- ii. Rotinas de operação-padrão;
- iii. Quantidade padrão de material em processo.

Existem diferenças entre o subsistema de ‘operação-padrão’ e as ‘rotinas de operação-padrão’. As ‘rotinas de operação-padrão’ devem ser compreendidas como os documentos que contém as seqüências de operações a serem realizadas e seus tempos-padrão. A ‘operação-padrão’ citada por Monden (1984), porém, tem alcance mais amplo e engloba o estabelecimento, a utilização e a revisão periódica dos três elementos listados, consistindo em um legítimo subsistema gerencial, sistemicamente articulado aos demais elementos do STP.

Não existem discordâncias aparentes quanto ao significado dos itens (ii) e (iii). As divergências surgem na interpretação do significado do tempo de ciclo.

Monden (1984) afirma que “...o tempo de ciclo é aquele no qual uma unidade de um produto deve ser produzida”; é dado pela razão entre o tempo efetivo de operação diária e a quantidade diária necessária de produção. Esse conceito, para Ohno (1996), é equivalente ao de *takt-time*: “o *takt-time* é obtido pela divisão do tempo diário de operação pelo número de peças requeridas por dia”. Para os autores deste trabalho, Monden (1984) se equivoca ao enunciar seu conceito de tempo de ciclo, o qual corresponde, de fato, ao conceito de *takt-time*. A falta de coerência conceitual na utilização desses termos tem levado a interpretações distorcidas com referência ao funcionamento do STP e dos sistemas de produção com estoque zero de forma geral. Apesar de publicações recentes, como as obras de Rother & Shook (1998) e Meyers (1999), e textos como Iwayama (1997), por exemplo, convergirem na conceituação dos termos, ainda existem pontos a serem mais bem formulados, de mesmo modo que resta trazer a público aspectos mais gerais relativos aos conceitos e sua aplicação.

Reconhece-se que os vínculos entre *takt-time* e tempo de ciclo são estreitos, o que torna ainda mais saliente a necessidade de conceituação rigorosa desses dois elementos teóricos. Uma discussão objetivando a reconceituação dos termos é realizada nos tópicos seguintes.

3.1. *Takt-time*

A palavra alemã ‘*takt*’ serve para designar o compasso de uma composição musical, tendo sido introduzida no Japão nos anos 30 com o sentido de ‘ritmo de produção’, quando técnicos japoneses estavam a aprender técnicas de fabricação com engenheiros alemães (Shook, 1998). O *takt-time* é definido a partir da demanda do mercado e do tempo disponível para produção; é o ritmo de produção necessário para atender a demanda. Matematicamente, resulta da razão entre o tempo disponível para a produção e o número de unidades a serem produzidas.

Iwayama (1997) afirma que o *takt-time* é o tempo alocado para a produção de uma peça ou produto em uma célula ou linha. A idéia de ‘alocação’ de um tempo para produção pressupõe, naturalmente, que alguém ‘aloca’; o *takt-time* não é dado, absoluto, mas sim determinado.

Pondere-se que a conceituação geral anterior tem limites. É preciso esclarecer que a empresa pode realizar opções tanto quanto aos níveis de atendimento da demanda como aos de utilização da capacidade, o que ali não está explicitamente contemplado.

A compreensão desses limites leva à necessidade de ampliação do conceito. Uma definição mais adequada parece ser a seguinte: ***takt-time* é o ritmo de produção necessário para**

atender a um determinado nível considerado de demanda, dadas as restrições de capacidade da linha ou célula. Concretamente, o *takt-time* é o ritmo de produção alocado para a produção de uma peça ou produto em uma linha ou célula, justamente como proposto por Iwayama (1997); com a diferença que se reconhece explicitamente nesta definição que o ritmo eventualmente necessário pode não ser suportado pelo sistema de produção.

À luz dessa formulação teórica surgem outras questões conceituais, precisamente no que tange à compatibilização da demanda com a capacidade. Na seção seguinte, esclarece-se o conceito de tempo de ciclo, explicando-se como é exatamente esse que limita o *takt-time*. A amarração entre Função Processo e Função Operação é visualizada nessa articulação e ilustrada quando debatidas as relações entre os mesmos.

A vinculação dessa questão com o Planejamento e Controle da Produção é importante de ser explorada, de forma a evitar que o sistema, mesmo tendo condições globais de atender à demanda, não seja sobrecarregado em momentos de pico e tenha seu funcionamento abalado.

Feitas essas diferentes considerações, **o *takt-time* pode ser legitimamente entendido como o tempo que rege o fluxo dos materiais em uma linha ou célula.** Logo, é fundamental salientar que o conceito de *takt-time* está diretamente relacionado com a Função Processo, na medida em que trata do fluxo dos materiais ao longo do tempo e espaço.

Um lembrete importante, sob uma perspectiva operacional, é que o tempo disponível para produção não é necessariamente igual à duração do expediente. Em situações reais, deve-se descontar os tempos de paradas programadas, tais como manutenção preventiva dos equipamentos, paradas por razões ergonômicas etc. Sendo assim, pode-se afirmar que:

- Tempo disponível para produção = período de trabalho – paradas programadas

Em uma linha de produção, a cada intervalo definido pelo *takt-time*, uma unidade deve ser terminada. Por exemplo, para uma linha de montagem de automóveis com demanda diária de 300 unidades e tempo disponível para produção de 10 horas (600 minutos), o *takt-time* será de 2 minutos. Ou seja, a cada 2 minutos deve sair um carro pronto no final da linha.

Meyers (1999) e Rother & Shook (1998) apresentam conceituações de *takt-time* que não incluem explicitamente considerações sobre a capacidade, embora o primeiro trate desse aspecto na apresentação de sua lógica de balanceamento de linha. Esse mesmo autor introduz uma variante da definição de *takt-time*, a qual denomina de taxa da planta - “*plant rate (R)*”, incorporando na definição do ritmo da fábrica aspectos como folgas e taxas de eficiência, eventualmente importantes em regimes de entrada de operação de planta ou no início de produção de novos modelos, mas questionáveis na medida em que podem encobrir perdas.

A compreensão do importante conceito de *takt-time* só é de fato possível quando contrastado com o de tempo de ciclo, tratado na sequência.

3.2. Tempo de ciclo

A duração de um ciclo é dada pelo período transcorrido entre a repetição de um mesmo evento que caracteriza o início ou fim desse ciclo.

Em um sistema de produção, o tempo de ciclo é determinado pelas condições operativas da célula ou linha. Considerando-se uma célula ou linha de produção com 'n' postos de trabalho, o tempo de ciclo é definido em função de dois elementos:

- i. Tempos unitários de processamento em cada máquina/posto (tempo-padrão);
- ii. Número de trabalhadores na célula ou linha;

Parte-se aqui da análise de equipamentos individuais, para depois derivar o conceito para o caso geral de uma linha ou célula. Genericamente, para uma máquina ou equipamento, o tempo de ciclo é o tempo necessário para a execução do trabalho em uma peça; é o tempo transcorrido entre o início/término da produção de duas peças sucessivas de um mesmo modelo em condições de abastecimento constante. Algumas operações, dadas suas características, como tratamento térmico, queima de cerâmica, tratamento químico, pintura etc requerem esse seja definido como o tempo para o processamento de um lote ou batelada.

Cada máquina e equipamento tem um tempo de ciclo característico para cada operação (processamento) executada. Em alguns casos, como em tornos automáticos e CNCs, pode ser fisicamente identificado com relativa facilidade – retorno das ferramentas de corte a uma mesma posição; em outras, nem tanto, como no caso de operações manuais.

Sob o prisma do Mecanismo da Função de Produção, o tempo de ciclo está associado à função operação. É uma característica de cada operação da rede de processos e operações.

Quando analisada uma operação isolada, o tempo de ciclo é igual ao tempo padrão; é o tempo que consta nos roteiros de produção dos sistemas de PCP. Por exemplo, para o caso de uma máquina dedicada com um tempo padrão de 2,5 minutos, o tempo de ciclo também será de 2,5 minutos; isto é, a cada 2,5 minutos pode ser produzida uma peça, repetindo-se um ciclo.

Ampliando-se a unidade de análise dos sistemas de produção (células, linhas ou mesmo a fábrica inteira), a discussão muda de perspectiva. Nesse caso, deixa-se de ter uma única máquina, a partir da qual se pode, com facilidade, definir o tempo de ciclo. Torna-se necessário contemplar as relações sistêmicas de dependência entre os equipamentos e as operações.

É possível, inclusive, questionar se existe um tempo de ciclo para uma célula ou linha de produção. A resposta é afirmativa, tendo-se, dependendo do caso, o **tempo de ciclo da linha** ou o **tempo de ciclo da célula**.

Para ilustrar os conceitos, considere-se o exemplo apresentado na Figura 2, no qual um produto qualquer passa por quatro operações subseqüentes, realizadas, respectivamente, em quatro postos ou máquinas diferentes (A, B, C e D), até ter seu processamento finalizado.

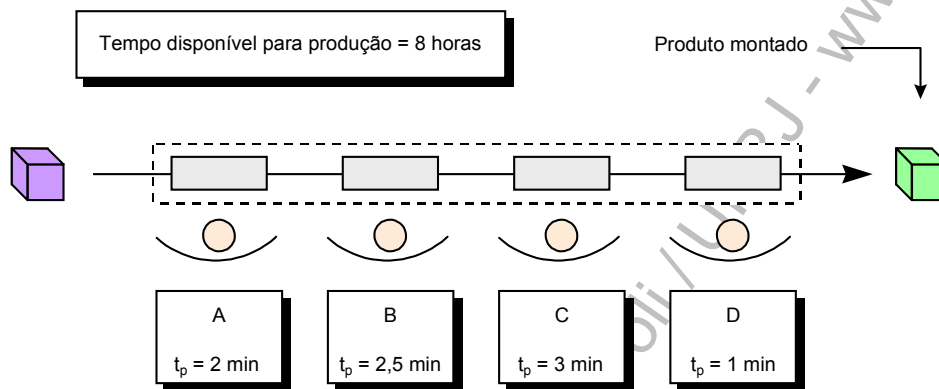


Figura 2 – Tempo do Ciclo para uma Linha ou Célula de Produção

Na Figura 2, observa-se que cada posto de trabalho tem um tempo de processamento unitário (tempo padrão - t_p). Entretanto, a linha não pode ter mais de um tempo de ciclo para uma mesma configuração – alocação de trabalhadores aos postos de operação para um determinado conjunto estabelecido de máquinas; a cada configuração cabe um tempo de ciclo único.

Para os materiais a idéia de ciclo não tem sentido. Uma mesma peça não passa mais de uma vez pelo processamento; não há um ‘ciclo’, portanto. A noção de ciclo só tem sentido para os sujeitos do trabalho, e não para os objetos do trabalho (materiais), posto que é o trabalho realizado por homens e máquinas que se repete regularmente.

O ciclo não está vinculado ao início ou término do processamento de um produto ou componente na linha. Se esse fosse o caso, o tempo de ciclo seria igual ao somatório dos tempos das operações executadas em A, B, C e D – desconsiderando-se, neste exemplo, os tempos de estagnação e transporte dos materiais. Para uma situação onde a cada posto há um operador, as operações podem ser realizadas em paralelo; obviamente, em peças diferentes.

Imaginemos que os quatro postos/máquinas iniciem as operações no instante zero. O ciclo da linha termina quando todas as operações tiverem sido realizadas e for possível o início do processamento de uma nova unidade em cada uma das quatro máquinas/postos (A, B, C e D).

Observando-se a Figura 3 é possível notar que o ciclo da linha é de três minutos, isto é, somente três minutos após o começo das operações (primeiro ciclo) é possível iniciar o processamento de uma nova peça em todas as máquinas (novo ciclo).

O tempo de ciclo da linha ou célula é o tempo de execução da operação, ou das operações, na máquina/posto mais lento; em outras palavras, é o **ritmo máximo possível, mantidas as condições atuais**. O tempo de ciclo da linha ou célula é definido pelas características dos equipamentos e peças e pela configuração da linha ou célula – alocação de trabalhadores aos postos de trabalho.

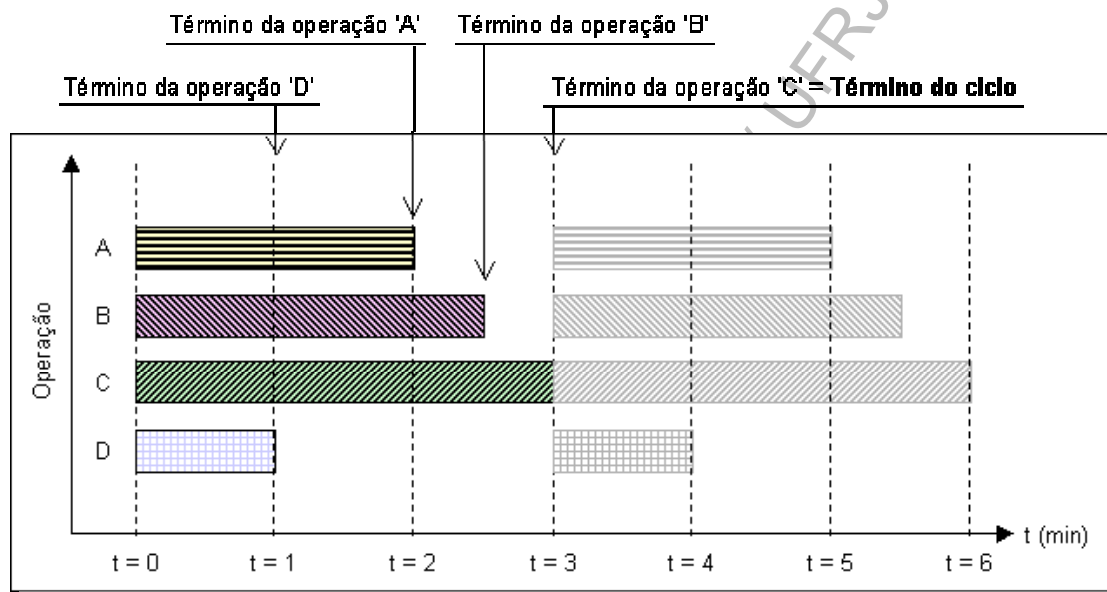


Figura 3 – Tempo de ciclo para o exemplo da Figura 2

No exemplo, considerando-se um operário alocado a cada máquina/posto, não é possível produzir mais que 20 peças por hora nessa linha.

De acordo com Rother & Shook (1998) o tempo de ciclo é “o tempo transcorrido entre a saída de uma peça e a saída da seguinte, em segundos”. Imagine-se, contudo, que a linha apresentada na Figura 2 operasse com um *takt-time* de 4 minutos; nesse caso, um observador que olhasse a operação ‘D’ notaria a saída de duas peças sucessivas a intervalos de 4 minutos, percebendo um tempo que não corresponderia nem ao tempo de ciclo da operação D (1 minuto) nem ao tempo de ciclo da linha (3 minutos), mas sim ao seu *takt-time*. Não há clareza conceitual nessa definição, que pode acabar por confundir a interpretação dos conceitos e ressaltar a importância da discussão aqui realizada.

Caso somente um operador tivesse que realizar todas as operações e não fosse possível

separar os tempos de máquina dos manuais, o tempo de ciclo seria igual ao somatório de todas as operações: 8,5 minutos. Em outra situação, com dois operários, sendo um encarregado das máquinas/postos A e B e o outro responsável por C e D, o tempo de ciclo seria de 4,5 minutos (soma dos tempos em A e B; a soma dos tempos em C e D é de 4 minutos). Outros tempos de ciclo existiriam em alocações alternativas de operários à linha.

A vinculação entre o tempo de ciclo e a alocação de funcionários à linha remete à discussão da separação entre os tempos de processamento manual e os tempos de máquina. Esse artifício é largamente empregado no STP e, de modo geral, nos modernos sistemas de produção, baseando-se na incorporação de dispositivos de controle aos equipamentos, de modo que os trabalhadores sejam liberados da função de monitoração do funcionamento dos mesmos e possam, então, afastar-se das máquinas enquanto essas executam o processamento. A lógica da automação, inicialmente desenvolvida no âmbito do STP, fornece a base conceitual para o entendimento dessa abordagem e a construção de tais sistemas de controle. Uma discussão a respeito pode ser encontrada em Monden (1984), Ghinato (1995) e Antunes Jr. (1998).

A apresentação dos conceitos de *takt-time* e tempo de ciclo é suficiente para que se perceba a existência de vínculos teóricos entre os mesmos. A discussão dessas relações e a sua necessária compatibilização conceitual são realizadas na próxima seção.

3.3. *Takt-time* e tempo de ciclo: o contraste dos conceitos e as lógicas de melhorias

Para elucidar os conceitos, tomando-se o exemplo anterior, pode-se imaginar duas situações com níveis de demanda diferentes, nas quais se deve respeitar a limitação da capacidade.

Em um primeiro caso, considere-se uma demanda de 120 unidades por dia; o *takt-time* calculado seria de 4 minutos – supondo-se que o tempo disponível para produção a cada dia seja de 8 horas. Uma vez que esse intervalo de tempo é maior que o permitido pela linha (tempo de ciclo da linha é 3 minutos), o ***takt-time* efetivo** seria de **4 minutos**. Ou seja, o **ritmo de produção efetivamente praticado na linha seria de uma unidade a cada 4 minutos**.

Em uma segunda situação, para uma demanda de 240 unidades por dia, corresponderia um *takt-time* calculado de 2 minutos. Como 2 minutos é inferior ao tempo de ciclo, o ***takt-time* efetivo** seria então de **3 minutos** (ritmo de produção real da linha). Nota-se que a capacidade de produção disponível não permite o atendimento da demanda; o ritmo necessário para atender a demanda, indicado pelo ***takt-time* calculado de 2 minutos não pode ser atingido**,

posto o limite de capacidade da linha ou célula.

Se o tempo de ciclo de uma célula ou linha representa o ritmo máximo possível, mantidas as condições atuais, é óbvia a conclusão de que o tempo de ciclo é um limitante do *takt-time*, isto é, da cadência de produção; da velocidade do fluxo.

Em verdade, o ritmo da linha é sempre limitado, seja pela capacidade (representada pelo tempo de ciclo) ou pela demanda (representada pelo *takt-time* calculado). O ***takt-time* efetivo**, tal como definido aqui, será **igual ao *takt-time* calculado caso a capacidade for maior ou igual à demanda**, e **igual ao tempo de ciclo quando a capacidade for inferior à demanda**.

A apresentação destes conceitos adicionais deve ser acompanhada da ponderação que o que se denomina aqui de *takt-time* calculado corresponde à primeira formulação relativa ao conceito apresentada. Essa, visivelmente, considera a capacidade do sistema como infinita. O *takt-time* efetivo, a seu tempo, é definido com base na capacidade real do sistema.

A discussão sobre capacidade não pode ser, de modo algum, apartada do Planejamento e Controle da Produção, por motivos já explicados. Similarmente, deve-se considerar que o tempo de ciclo certamente não é imutável, e artifícios podem ser utilizados para reduzi-lo.

A realocação de pessoal na fábrica é um dos expedientes mais empregados para absorver as variações na demanda; em momentos de pico acentuado a contratação de novos funcionários pode ser necessária. Em horizontes de médio/longo prazo pode ocorrer que a capacidade disponível não seja suficiente, mesmo com o nivelamento da demanda e/ou da produção, de forma que o aumento do número de trabalhadores também se faça necessário.

Essa solução tem limites. As possibilidades desse expediente se esgotam quando são alocados operadores a todos os postos de trabalho de uma célula ou linha. Essa situação polar (um homem, um posto, uma tarefa) é geralmente marcada pelo incremento das perdas por esperas; quando os tempos manuais estiverem totalmente separados dos tempos de máquina, uma configuração dessa natureza pode não chegar a ser necessária.

Outro caminho para reduzir o tempo de ciclo é a realização de melhorias nas operações, tanto nas operações principais como nas auxiliares – ver Shingo (1996a). Essa possibilidade vale para os casos onde o acréscimo do número de operários não é suficiente, desejado, ou mesmo possível. A solução do STP segue a linha de melhorias nas condições de fabricação, articulada com os mecanismos de realocação de pessoal e de variação dos quadros temporários.

Conforme Iwayama (1997), um dos objetivos da utilização do *takt-time* para a gestão dos fluxos dos materiais é clarear as prioridades para melhorias na fábrica. A imposição de um

ritmo mais acelerado (diminuição do *takt-time*) serve para destacar as operações e os equipamentos que restringem a capacidade de produção. Esse tensionamento pode ser entendido como elemento indutor e direcionador da realização de melhorias.

Caso a capacidade de uma linha ou célula não seja suficiente, identifica-se a operação que define o tempo de ciclo e concentra-se a atenção na sua melhoria. Essa será a operação para a qual deverão ser canalizadas as atenções de engenheiros, supervisores e grupos *kaizen*. Nesse caso, a lógica de melhorias localizadas, em uma determinada operação, pode ser concretamente direcionada à Função Processo. Foge do escopo do tema tratado os casos de aumentos significativos e temporalmente consistentes na demanda, que podem implicar na compra de novos equipamentos, na expansão da fábrica ou na construção de uma nova planta. Transparece dessa discussão que o *takt-time* tem inserção mais ampla no sistema de gestão da produção do que se poderia supor com uma interpretação desenvolvida somente no plano da logística interna na fábrica. Além de se associar a gestão com base no *takt-time* a um ciclo de rotina – operação padrão, tem-se, forçosamente, que reconhecer sua vinculação a um ciclo de melhorias. Um paralelo pode ser feito com a noção de *kanban* amplo de Taiichi Ohno, conforme Antunes Jr. (1998). Uma representação dessa lógica geral é oferecida na Figura 4.

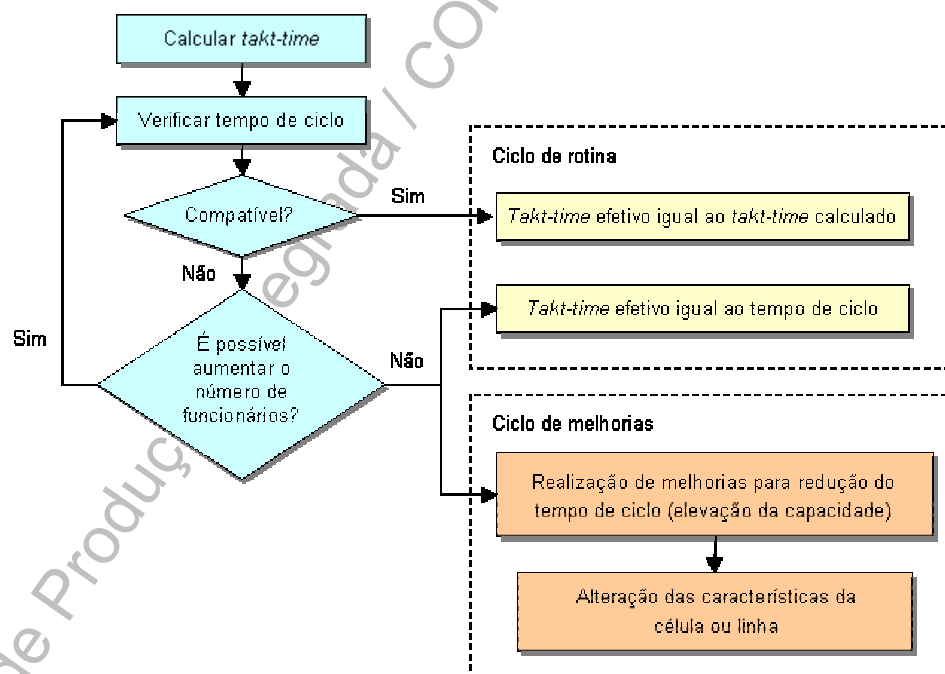


Figura 4 – Gestão com base no *takt-time*: os ciclos de rotina e de melhorias

Tipicamente, em uma linha programada com base no *takt-time*, existem *andons* e dispositivos sonoros que indicam o progresso do trabalho. Quando um posto ultrapassa o limite de tempo

estipulado para a operação (ou conjunto de operações) na rotina de operação-padrão, são acionados alarmes visuais e sonoros.

A montagem de um veículo no STP pode ser metaforicamente comparada a um *rally*. O controle da produção é feito pela checagem e comparação, em pontos pré-determinados, do estágio no qual se encontra a produção versus o projetado. Desvios para mais ou para menos indicam problemas e são apontados pelo sistema de controle, de forma que medidas corretivas possam ser tomadas e seja despertada a atenção do responsável pela área. O controle da produção é, portanto, realizado ‘*on-line*’ e de forma descentralizada. O *takt-time* dá visibilidade ao fluxo dos materiais e aos problemas ocorridos.

Uma crítica que pode ser feita ao trabalho de Meyeres (1999) é que, apesar de explicar com detalhes e clareza um conjunto de técnicas pertinentes à ‘produção enxuta’ e associadas à lógica de gestão da produção com base no *takt-time*, os conceitos mais amplos associados ao tema não podem ser percebidos na sua obra, falta uma perspectiva de processos ao longo do texto. Isso se reflete diretamente na utilização de indicadores locais de desempenho e na ausência de uma discussão do papel do *takt-time* como direcionador principal das melhorias voltadas para o processo.

A seguir são sucintamente exploradas algumas das implicações das idéias expostas para a gestão operacional e estratégica dos sistemas de produção.

4. CONSIDERAÇÕES QUANTO AO FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

O funcionamento de um sistema baseado no *takt-time* está apoiado na verificação de algumas condições. Especialmente, a garantia da qualidade e a formação de recursos humanos voltada para a constituição de um corpo de trabalhadores multifuncionais devem ser destacadas.

Interessa entender, no plano estratégico, como a flexibilidade dos sistemas de produção é afetada em função da introdução da lógica de gestão baseada no *takt-time* e quais são as implicações decorrentes. Deve-se considerar, ainda, as relações entre flexibilidade e as decisões relativas à formação de recursos humanos, dentre outras ‘áreas de decisão’.

4.1. Considerações quanto aos aspectos estratégicos, em especial à flexibilidade

Do ponto de vista estratégico, a gestão baseada em tempo possibilita a obtenção de vantagens competitivas a partir da redução do tempo de resposta às demandas externas. Notadamente, a redução do tempo de atravessamento (*lead-time*) e das estagnações de materiais entre as

operações, através do encadeamento da função processo, leva a ganhos nos seguintes termos:

- Custos: através da redução de perdas e aumento da ‘taxa de valor agregado’;
- Qualidade: através da redução dos lapsos de tempo entre o surgimento e a detecção de defeitos e, especialmente, da exigência de qualidade assegurada;
- Tempo de entrega: através da redução do tempo desde o início da produção até a entrega;
- Confiabilidade como fornecedor: a capacidade de ‘manter datas’ se aprimora na medida em que o *lead-time* é reduzido comparativamente ao “intervalo admissível de compra” – ver Shingo (1996b) para uma explicação do conceito.

É na flexibilidade e na vinculação dessa dimensão competitiva às já mencionadas, entretanto, que se deve deter a atenção.

A flexibilidade de um sistema de produção é a capacidade que o mesmo tem de se adaptar a variações no ambiente e nas condições internas de operação da empresa. Existem diferentes tipologias para a flexibilidade. Adota-se aqui a proposta por Slack (1995), que define quatro tipos de flexibilidade: de produto, de *mix*, de volume e de entrega. No que concerne ao tema em tela, a habilidade de alterar a variedade e a proporção entre as quantidades dos produtos em produção (flexibilidade de *mix*) e a habilidade de variar os volumes agregados de saída do sistema de produção (flexibilidade de volume) são os tipos mais relevantes.

Slack (1995) sobrepõe duas dimensões a essa matriz conceitual: faixa e resposta. A flexibilidade de faixa diz respeito aos limites máximos e mínimos de variação que o sistema pode suportar; a flexibilidade de resposta está associada ao tempo que o sistema necessita para se adaptar a essas variações.

Lançando-se mão dos conceitos apresentados, vê-se que a alteração do *takt-time* de um sistema de produção não é trivial, repercutindo na fábrica como um todo. Isso ocorre na medida em que a adoção dessa sistemática de gestão altera as relações de dependência na fábrica, acentuando as relações do tipo ‘dependência mútua’ entre os diferentes agentes do trabalho intervenientes no processo.

De outro modo, é justo afirmar que, em termos práticos, a coordenação do fluxo dos materiais com base no *takt-time* tem implicações para a flexibilidade dos sistemas de produção. Esse fenômeno é observado na medida em que a alteração do *mix* de produção ou do volume de saída de uma linha, por exemplo, pode demandar a completa redistribuição das cargas de trabalho. Para que essas mudanças sejam possíveis é necessário que um conjunto de requisitos relativos à formação de recursos humanos e à padronização do trabalho sejam atendidos.

Em síntese, os sistemas de produção geridos com base na amarração processual do fluxo dos

materiais através da modelagem baseada no *takt-time* têm condições de responderem de forma mais rápida ao mercado, desde que a demanda siga um padrão sem alterações bruscas. Visto que esse mecanismo de coordenação vincula sistemicamente as operações, qualquer perturbação repercute na fábrica como um todo; se isso ocorrer, os ganhos obtidos nas outras dimensões serão perdidos ou, mesmo, negativos (p.ex.: aumento de custos de estocagem).

A problemática da garantia da qualidade é outro aspecto a ser considerado; retorna-se à questão da flexibilidade logo a seguir.

4.2. As relações com a qualidade

No STP, a resolução de problemas de qualidade (defeitos) é uma exceção e deve ser tratado como tal. As rotinas de operação padrão são montadas de maneira que o avanço da produção de acordo com o *takt-time* seja garantido. Qualquer ruptura, como o surgimento de defeitos, deve ser prontamente solucionada, de modo a não comprometer o fluxo dos materiais.

Em consonância com o conceito de autonomação, no caso da linha de montagem, quando encontrado algum problema de qualidade, o operário tem autonomia para paralisar o sistema. Uma vez parada a linha, o supervisor decide se o veículo pode ser consertado no local ou terá que ser retirado. Essa decisão é baseada no tempo necessário para o conserto; se o conserto não puder ser realizado dentro do intervalo *takt* o veículo é retirado da linha. O supervisor então comunicará a ocorrência aos supervisores das demais áreas e ao PCP, para que a programação seja revista e outras partes do veículo retiradas da linha – esses problemas se amplificam à medida que aumenta a variedade de produtos finais.

A frequência dessas ‘rupturas’ deve ser limitada e paulatinamente reduzida com a realização de melhorias, até porque existem restrições físicas para a estocagem em processo de veículos (os projetos das fábricas da Toyota prevêem espaços bastante limitados para as áreas de retoques e consertos de veículos), uma vez que a manutenção de um fluxo homogêneo depende da garantia de um elevado nível de qualidade.

O sistema pode colapsar com a ocorrência de rupturas freqüentes no ritmo estabelecido para a produção em decorrência de problemas de qualidade, pois sua adaptação à variabilidade é limitada. Paradoxalmente, a construção do STP passou pela interrupção sucessiva do funcionamento da fábrica – Ohno (1996) explica que a paralisação seguida da linha de montagem foi necessária para que as causas dos problemas fossem encontradas e solucionadas; a linha nunca deveria parar mais de uma vez pelo mesmo motivo.

A compreensão de que tempo e qualidade têm relações muito fortes é condição necessária

para a apreensão das características que marcam as relações entre os subsistemas de produção do STP e surgem na sua modelagem teórica – por exemplo, em Ghinato (1995).

A garantia da qualidade é uma necessidade para a operação do Sistema em si. De outro modo, a multifuncionalidade da mão-de-obra é um requisito para o Sistema se adaptar às variações; percebe-se que um sistema rígido pode ser um sistema inoperante. Os aspectos ligados à flexibilidade e à formação de Recursos Humanos são discutidos a seguir.

4.3. Variação do número de trabalhadores, multifuncionalidade e formação de RH

A falta ou atraso de um funcionário causa sérios problemas para a operação de uma célula ou linha de produção, pois implica na redistribuição da carga de trabalho e na eventual alteração do *takt-time*. De modo a conseguir lidar com essas situações, uma empresa que programe a produção com base no *takt-time* necessita de um grupo de montadores e/ou operadores multifuncionais, capazes de cobrir faltas em diferentes pontos da linha e das células, sem que seja necessário alterar as rotinas de operação e a cadência de produção. Esses ‘coringas’ têm papel fundamental na estabilização das condições operacionais da fábrica.

Deve-se notar, que quando todos os funcionários estiverem presentes, sobrarão pessoas na linha ou nas células. No STP, aqueles não alocados aos postos de trabalho dedicam-se a atividades de melhoria e/ou auxiliam os que efetivamente estão ocupando as posições na célula ou linha, substituindo-os por períodos curtos de tempo ou realizando algumas tarefas previstas nas suas operações-padrão que os mesmos não estão conseguindo cumprir.

A importância da presença de recursos humanos capazes de desempenhar diferentes tarefas também é sentida em função da necessidade de adaptação do sistema às flutuações na demanda, através da alteração do ritmo de produção. Esse caminho implica na redefinição do *takt-time* e no redesenho das folhas de operação-padrão, com a conseqüente redistribuição da carga de trabalho na fábrica. Se a demanda aumenta, o *takt-time* diminui, e é provável que cada operário passe a executar menos operações; quando a demanda cai, ocorre o inverso (por exemplo: operações antes separadas em blocos individualmente alocados, podem ser reagrupadas e realizadas por um conjunto menor de funcionários).

Resulta que a flexibilidade operacional dos recursos humanos é peça fundamental para o adequado funcionamento do sistema. A construção de uma posição robusta no quadro de pessoal implica na necessidade de estruturação de programas continuados de treinamento, de modo que os operários se tornem gradualmente aptos a realizar diferentes operações. Esse é um ponto especialmente crítico para o caso das linhas de montagem, onde as possibilidades

de mecanização das tarefas tendem a ser reduzidas. Por conseguinte, a operacionalização da sistemática se encontra umbilicalmente ligada a uma lógica consistente de treinamento e formação e recursos humanos.

Embora relativamente simples do ponto de vista do entendimento geral de sua lógica, o subsistema de operação-padrão e a gestão com base no *takt-time* não são expedientes corriqueiros em empresas industriais brasileiras, mesmo naquelas que adotaram sistemas de manufatura celular; especialmente em se tratando de empresas de pequeno e médio porte.

A verdade é que a construção de sistemas de produção baseados no STP depende de sólidos conhecimentos de Engenharia Industrial e de esforços continuados e consistentes de formação de recursos humanos. As técnicas de tempos e movimentos provêm a base para a operação-padrão e a gestão da produção com base no *takt-time* – considere-se que sua aplicação no STP é realizada considerando uma visão global do sistema de produção.

A rarefeita tradição de Engenharia Industrial e as deficiências da formação na área no Brasil fazem com que muitas empresas não dominem mesmo esses tópicos básicos. A essa possível deficiência técnica, que também envolve o entendimento superficial de conceitos associados ao tema, devem ser acrescidas limitantes de natureza cultural e política, que impedem a realização de investimentos de maior monta na formação dos trabalhadores e, especialmente, a delegação de poder no âmbito da fábrica. Essas são barreiras a serem superadas na jornada rumo à construção de sistemas de produção competitivos em nosso País.

Alguns dos limites técnicos para aplicação dos conceitos são discutidos na seqüência.

5. LIMITES PARA A APLICAÇÃO DO CONCEITO DE *TAKT-TIME*: UMA BREVE DISCUSSÃO

O emprego do *takt-time* como fio condutor do fluxo de produção limita a capacidade da empresa se adaptar a alterações nas condições de produção. Em termos estratégicos, o sistema de produção fica caracterizado por uma baixa flexibilidade de resposta às variações na demanda, tanto em termos do volume como do *mix* de produção.

As dificuldades operacionais para variação do *takt-time* introduzem um componente inercial na fábrica. Caso a demanda varie, a gerência da planta pode optar por manter constantes os níveis de produção por um determinado período, mesmo tendo condições de redistribuir o trabalho.

Se a demanda cair, a manutenção do volume de produção acarretará o acúmulo de estoques de

produtos acabados. Essa, na verdade, é uma prática observada no próprio STP – isto é, nas fábricas da Toyota, resultando daí a ocorrência de perdas por estoque (Ohno, 1996).

O Sistema, ao adotar uma determinada lógica de gestão da produção, no caso baseada na determinação do *takt-time*, acaba por gerar perdas. Essa aparente contradição interna tem explicação na medida em que a realização de mudanças constantes no *takt-time*, com a decorrente redefinição das rotinas de operação, é complexa e pode gerar transtornos significativos, os quais viriam a causar uma série de outras perdas.

Os limites da flexibilidade do Sistema são assim expostos. Mesmo com os esforços historicamente realizados no STP, a manutenção de estoques de produtos acabados pode ser desejável à variação no *takt-time*, pois o esforço demandado para a alteração desse é de tal magnitude que a estabilidade do Sistema pode ser abalada com mudanças repetidas.

Em virtude dessas dificuldades, é de se esperar que as variações nas taxas de saída dos sistemas de produção operados com base no *takt-time* não sejam contínuas, mas apresentem comportamentos em escada, com variações dos níveis agregados de produção em saltos descontínuos. De fato, a definição dos domínios dessas variáveis depende também do grau de discretização das operações de montagem constantes das rotinas de operação-padrão.

Conclui-se, pois, que a aplicação do *takt-time* como elemento que encadeia e representa a taxa de avanço do fluxo dos materiais ao longo do tempo e do espaço é restrito a um conjunto de situações nas quais é possível estabelecer uma demanda relativamente homogênea por um determinado período de tempo mínimo. Variar continuamente o volume ou o *mix* de produção não são alternativas viáveis do ponto de vista prático.

A adoção desse mecanismo de programação não faz com que a empresa prescindia de um sistema de planejamento da produção de nível mais alto; pelo contrário, a alocação à fábrica de uma demanda estável por um determinado período de tempo dependerá da capacidade de desenvolver planos de produção mensais e semanais que absorvam as variações diárias de demanda sem que essas sejam transferidas ao sistema de produção.

Sumariando-se as considerações feitas, podem ser relacionados os seguintes requisitos para a gestão com base no *takt-time* e a adoção da sistemática de operação-padrão de forma ampla:

- Estabelecimento de uma abordagem multi-nível de PCP, de tal forma que seja factível, através da adequada gestão da demanda e de estoques, amortecer eventuais variações de curto prazo no carregamento da fábrica. Essa lógica pressupõe, naturalmente, uma forte interação com as estruturas de mercado e vendas.
- Realização de esforços continuados para o treinamento e formação de operários

multifuncionais.

- Entendimento conceitual e aplicação prática de um dos pilares do STP: a automação. Ações nesse sentido irão demandar conhecimentos próprios de mecânica, elétrica, sistemas de controle etc, fato que deve ser considerado na formação de quadros aptos à realização de melhorias.
- Compreensão adequada dos conceitos de *takt-time*, tempo de ciclo e tempo de ciclo da célula ou linha, discutidos ao longo deste artigo.

Se a variação do *mix* e do volume de produção resultam em dificuldades para a gestão da produção através do *kanban* e do *takt-time* em sistemas produtivos de base repetitiva como o automobilístico, é possível imaginar que as consequências serão ainda mais onerosas para aqueles que apresentam uma grande variabilidade em suas entradas e saídas.

As características da gestão da produção com base no *takt-time* permitem, portanto, afirmar que a aplicação dessa sistemática só é adequada a sistemas com elevado grau de repetitividade na produção, nos quais se possa configurar fluxos unitários de peças e, mais além, manter a estabilidade nos padrões de demanda do ponto de vista da fábrica.

As impressões globais resultantes deste texto são apresentadas na seção posterior.

6. COMENTÁRIOS FINAIS

No contexto da aplicação prática do Sistema Toyota de Produção, o conceito de *takt-time* é tão ou mais relevante que o conceito do *kanban*. O sentido dessa afirmação é que ambos estão diretamente relacionados ao gerenciamento dos sistemas produtivos tendo como eixo central a ótica da Função Processo. Enquanto o *kanban* é particularmente importante quando se está tratando da produção de lotes de fabricação, o *takt-time* é aplicado quando a produção se dá em estruturas caracterizadas pelo fluxo unitário de peças, como é o caso das linhas de montagem e internamente nas células de fabricação. Em termos gerais, coordena o encadeamento global do fluxo na fábrica.

Os conceitos de *takt-time* e tempo de ciclo são bastante distintos, muito embora relacionados. Ao contrário do primeiro, o conceito de tempo de ciclo está diretamente relacionado à Função Operação, ou seja, a cada máquina/operação em particular.

No caso das células de fabricação e das linhas de montagem as máquinas ou postos de trabalho que a constituem devem ser observados a partir de uma lógica de sistema e, portanto, das relações de dependência entre os elementos que o constituem. O tempo de ciclo da célula

ou da linha é definido a partir tempo de ciclo da operação mais longa (ou conjunto de operações, no caso dos operadores executarem mais de uma operação), o que implica em dizer que esse é o máximo ritmo de produção que pode ser obtido, conservadas as condições atuais.

O intervalo de tempo que representa o *takt-time* situa-se entre os limites inferior definido pela demanda e superior determinado pelo tempo de ciclo da célula ou linha. Sugere-se a introdução da definição de *takt-time* calculado (razão entre o tempo disponível para produção e a demanda), de forma que seja possível evidenciar eventuais diferenças com o ritmo real de produção comportado pela fábrica, aqui denominado de *takt-time* efetivo.

Pode-se dizer que o conceito de *takt-time* é central no sentido de direcionar concretamente as melhorias voltadas ao processo, tendo paralelo direto no conceito de *kanban* amplo. Logo, se vincula não somente à rotina, mas também fortemente a lógica de melhorias do STP.

A qualidade assegurada é um dos elementos necessários ao bom funcionamento do sistema, que é incapaz de operar quando da ocorrência de interrupções constantes. A formação de operários multifuncionais é outra condição necessária, vinculando-se ao desenvolvimento da robustez do sistema e da capacidade de adaptação às variações nas condições externas e internas. Some-se a isso a relevância permanente da formação básica em técnicas de Engenharia Industrial.

O emprego do *takt-time* tende a reduzir a flexibilidade de resposta dos sistemas de produção com relação às flutuações de volume e *mix*. Esse aspecto acentua a necessidade da existência de sistemas/esquemas de planejamento capazes de antecipar e dissipar as flutuações de curto prazo na demanda, através do nivelamento da demanda e/ou da produção. Artifícios desse tipo pressupõem a existência de uma estrutura de PCP de alto nível (plano agregado, plano mestre de produção etc) e uma forte articulação com as estruturas de vendas e mercado.

Em virtude dos pontos levantados, vê-se que as possibilidades de utilização do *takt-time* como elemento central de gestão da produção são limitadas. Conclui-se que sua aplicação é restrita a sistemas de produção que trabalhem com fluxos unitários, com elevadas razões entre unidades produzidas e modelos em linha e contem com esquemas de PCP que possibilitem a absorção e a diluição no médio/longo prazo de variações na demanda.

REFERÊNCIAS

ANTUNES JR., J.: *Em Direção a uma Teoria Geral do Processo na Administração da*

- Produção: uma Discussão Sobre a Possibilidade de Unificação da Teoria das Restrições e a Teoria que Sustenta a Construção dos Sistemas de Produção com Estoque Zero*, Tese de doutorado em Administração de Empresas, Programa de Pós-Graduação em Administração da UFRGS, Porto Alegre, RS, 1998.
- CORIAT, B.:** *Pensar pelo Averso: o Modelo Japonês de Trabalho e Organização*, Editora da UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 1994.
- GHINATO, P.:** *Sistema Toyota de Produção: Mais do que Simplesmente Just-in-time*, Editora da UCS, Caxias do Sul, RS, 1995.
- IWAYAMA, H.:** Basic Concept of Just-in-time System, mimeo, IBQP-PR, Curitiba, PR, 1997.
- MEYERS, F.:** *Motion and Time Study for Lean Manufacturing*, Prentice Hall, Upper Saddle River, EUA, 2^a ed., 1999.
- MINTZBERG, H.:** *Criando Organizações Eficazes: Estruturas em Cinco Configurações*, Atlas, São Paulo, SP, 1993.
- MONDEN, Y.:** *Sistema Toyota de Produção*, IMAM, São Paulo, SP, Brasil, 1984.
- OHNO, T.:** *O Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em Larga Escala*, Bookman, Porto Alegre, RS, 1996.
- ROTHER, M. & SHOOK, J.:** *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*, The Lean Enterprise Institute, Brookline, EUA, 1998.
- SHINGO, S.:** *O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção*, Bookman, Porto Alegre, RS, 1996a.
- SHINGO, S.:** *Sistemas de Produção com Estoque Zero: O Sistema Shingo para Melhorias Contínuas*, Bookman, Porto Alegre, RS, 1996b.
- SHONBERGER, R.:** *Japanese Manufacturing Techniques: Nine Hidden Lessons in Simplicity*, The Free Press, EUA, 1982.
- SHOOK, Y.:** “Bringing the Toyota Production System to the United States: A Personal Perspective”, in *Becoming Lean: Inside Stories of U.S. Manufacturers*, Liker, J. (org.), Productivity, Portland, EUA, 1998.
- SLACK, N.:** *Vantagem Competitiva em Manufatura – Atingindo Competitividade nas Operações Industriais*, Editora Atlas, São Paulo, SP, 1993.
- TOYOTA MOTOR COMPANY:** *Toyota Production System Handbook* (em japonês), Nagoya, Japão, 1998.
- WOMACK, J., JONES, T. & ROOS, D.:** *The Machine that Changed the World*, Macmillan

Publishing Company, Inc, EUA, 1990.

Grupo de Produção Integrada / COPPE & Poli / UFRJ - www.gpi.ufrj.br

ABSTRACT

This text aims at clarifying, as much as possible, the concept of takt-time, considering that it is possible to perceive a gap in the literature in relation to the understanding of the conceptual differences between this and the definition of cycle time. An attempt to establish a rigorous conceptual framework for the understanding of the terms is made here, taking the principles of the Toyota Production System (TPS) as a basic reference.

Based on the problem of synchronizing materials flow along time and space in the TPS, the emphasis is put on the comprehension of time as a fundamental variable for production systems' management. In such a context, takt-time's central role in TPS' management scheme is highlighted. Aspects concerning the flexibility of the production systems are also stressed.

Taken the perspective of materials flow synchronization, the conceptual aspects which characterize takt-time's management scheme allow the limits of its usage to be identified. Finally, the relations between takt-time based management, quality assurance and human resources development are analysed.

Key words: *takt-time, cycle time, synchronous manufacturing, Toyota Production System.*