

# PROPOSTA DE UM MODELO PARA CLASSIFICAÇÃO DA FASE PÓS *SETUP* CONFORME CARACTERÍSTICAS DO PERÍODO DE ACELERAÇÃO

**Miguel Sugai**

FEM/Unicamp – sugai@fem.unicamp.br

**Olívio Novaski**

FEM/Unicamp – novaski@fem.unicamp.br

**Valmir Omizolo**

FEM/Unicamp – Valmir.Omizolo@br.bosch.com

**Fabrcio Moraes**

FEM/Unicamp – fdmoraes@yahoo.com.br

**Resumo** A redução do tempo de *setup* de máquinas representa um importante elemento na produção puxada. Diversas metodologias, entre as quais o SMED (Single Minute Exchange of Die) criado por Shingo é o mais conhecido, procuram oferecer alternativas para a redução do tempo de *setup*. Todavia, na execução do processo de *setup* das máquinas, percebem-se períodos de desaceleração e aceleração produtiva nos quais o sistema de produção não atinge a capacidade produtiva ideal. Este artigo propõe-se a identificar principalmente as características do período pós-*setup*, denominado período de aceleração, compreendendo os seus principais elementos. Para realizar este trabalho, realizaram-se dois estudos de caso em uma empresa metal-mecânica. O resultado final deste trabalho foi a geração de uma classificação dos tipos de aceleração conforme seus principais elementos.

*Palavras-chave:* *setup*, virada de linha, período de aceleração

## 1. INTRODUÇÃO

A redução do tempo de *setup* capacita as empresas atender ao crescente número de novos modelos e variações nos produtos. A renovação dos produtos é freqüente e a demanda por aqueles que possuam algum caráter inovador tem se tornado um imperativo. Portanto, é necessário que as empresas estejam preparadas para produzir uma variedade de produtos com o desafio de utilizar os mesmos ativos.

Esta realidade tem provocado mudanças na forma de programar a produção e fazer que um mesmo equipamento seja capaz de produzir tipos diferentes de produtos. A informação que a programação de produção necessita é a quantidade de tempo necessária para mudar a configuração da máquina, trocar ferramentas e dispositivos para que o sistema produtivo passe a produzir outro produto. O tempo gasto significa um custo que por vezes pode ser muito alto e, naturalmente, influi na decisão a ser tomada.

Caso o tempo total de troca seja muito elevado, geram-se conseqüências desagradáveis para a empresa, como, por exemplo, o aumento no nível de estoques, interrupção da produção, geração de ociosidade, aumento de custo de produção e, principalmente, dificuldade para atender o cliente.

Para reduzir o *setup*, há muitas metodologias dedicadas a sistematizar estas atividades com o intuito de reduzir o seu tempo total. O SMED (Single Minute Exchange of Die) criado Shigeo Shingo é a metodologia mais conhecida e amplamente divulgada. A primeira publicação do SMED no Ocidente foi em 1985, mas o conceito de redução de tempos de *setup* promovido pelos japoneses já provocava uma repercussão tanto em publicações (Hall 1983, Plossl 1991, Hay 1992) como em

aplicações industriais, na qual a metodologia SMED é citada em revistas especializadas (Johansen e McGuire 1986, Quinlan 1987, Sepehri, 1987, Noaker 1991).

Todavia, a questão que sempre há dificuldade em dar uma resposta adequada é saber exatamente o momento em que o *setup* se encerra, mesmo após a aplicação de metodologias de redução de tempo de *setup*. Para algumas unidades de produção há uma certa facilidade em identificar o término do *setup*, mas para outros, há uma variabilidade de tempo motivada por diversas razões. A presença de ajustes de máquinas, de corrida de testes de produção no período pós-*setup* leva a crer que as influências das atividades de *setup* são mais extensas e complexas do que simplesmente fazer o primeiro produto com qualidade do novo lote de produção.

O intuito deste artigo é observar este período detidamente em dois estudos de caso em uma empresa metal-mecânica e, assim, compreender melhor o período pós-*setup* e a forma como ele se apresenta conforme seus principais elementos. Entre as conseqüências mais importantes para os gestores a partir deste estudo é o impacto que o *setup* provoca na capacidade produtiva, não apenas no parada de produção para a preparação do novo lote, mas na fase de aceleração de produção. Elaborou-se um quadro de classificação, que embora incipiente, trata-se de algo inédito na literatura.

Este artigo apresenta no item 2 os principais conceitos envolvidos; no item 3 são apresentados os estudos de caso, com a coleta e tabulação de dados e análises preliminares; no item 4 é apresentada a proposta de classificação do período pós-*setup* conforme os seus principais elementos; por fim, no item 5, estão descritas as principais conclusões deste trabalho.

## 2. Principais conceitos envolvidos

Há diversos sinônimos e traduções para o termo *setup* tais como *changeover*, preparação, troca de ferramentas, etc. Para este artigo, será utilizada a palavra *setup*. A definição convencional de tempo de *setup* é “o tempo que leva da produção de um produto A até a produção de um produto B com qualidade”. Tal definição sublinha um elemento importante que é a consideração da qualidade esperada da produção, independente das atividades realizadas durante o *setup*. Dessa forma operações de ajustes, correções e testes até que haja a produção de um “produto B com qualidade” estão agregadas no tempo total de parada para *setup*. Com isso, a redução dos tempos de *setup* não significa perda no padrão de qualidade dos produtos. A configuração comum desta definição está apresentada na figura 1.

Uma observação que deve ser feita com base nesta definição é a respeito da perda de produção, indicada na figura 1 pela área hachurada: o resultado da multiplicação entre tempo sem produção (tempo de *setup*) e taxa de produção do sistema. No tempo sem produção estão compreendidas as atividades de preparação de um novo produto, ajustes e testes até começar a produzir um novo produto com qualidade.

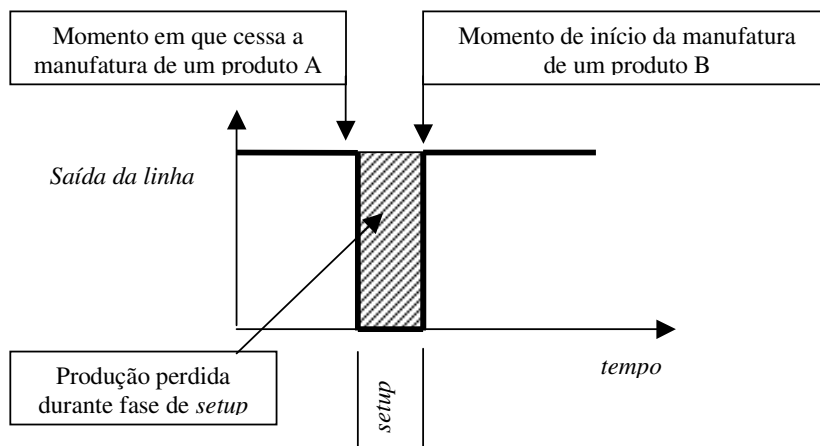


Figura 1: Visão convencional de *setup* (fonte: próprios autores)

Alguns autores reconhecem que a recuperação da capacidade produtiva não é plena exatamente ao fim das atividades de *setup* e nem mesmo após a produção da primeira peça boa do lote seguinte (Garvin 1988, McIntosh *et al.* 2000, Higgins 2001). O mesmo raciocínio se aplica durante a fase de desaceleração da produção, na qual a perda de capacidade de produção ocorre, apesar de ser muitas vezes imperceptível.

Para adequar a definição do *setup*, deve-se associar também a aspecto de redução capacidade produtiva que o *setup* provoca no período anterior e posterior à sua execução. Desta forma, o *setup* fica caracterizado apenas como o período de parada total na produção.

Uma representação que pode auxiliar esta compreensão segue na figura 2.

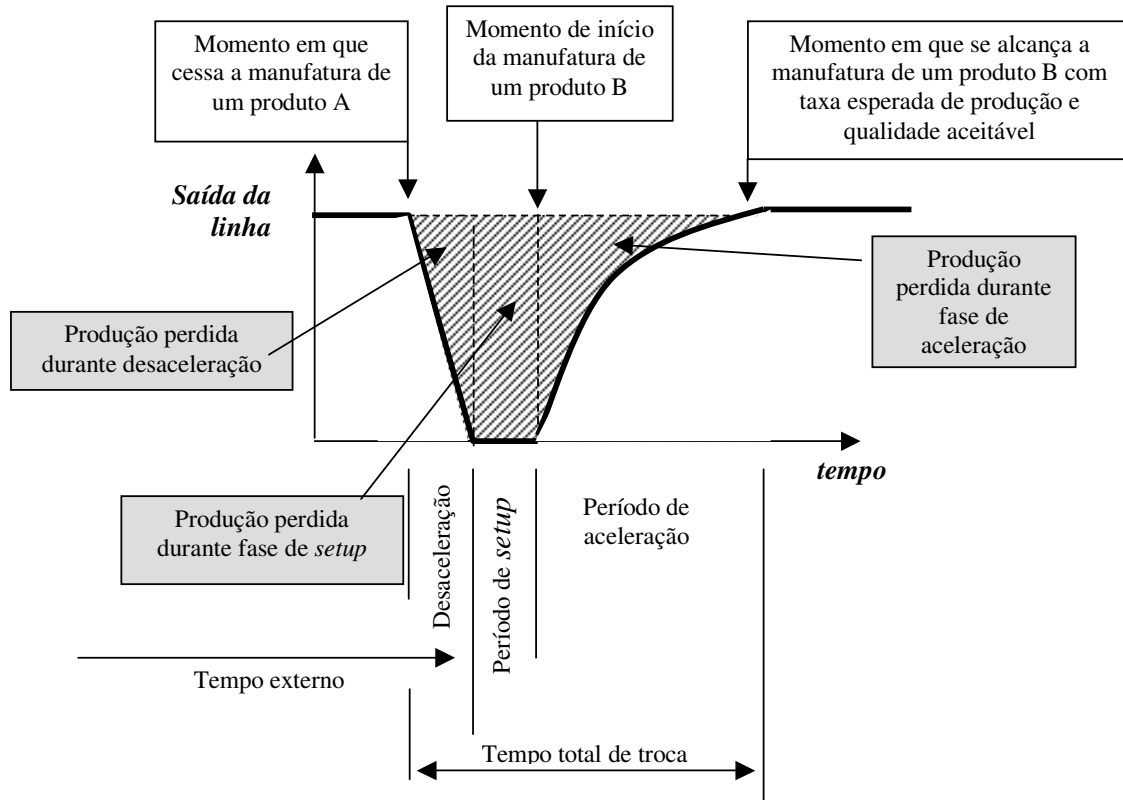


Figura 2: Perdas de produção durante períodos de desaceleração e aceleração (fonte: McIntosh *et al.* 2001)

A partir desta figura apresentam-se as seguintes definições:

**Período de desaceleração (*run-down*):** Início das atividades de troca (ou virada de linha) com máquinas ou linha trabalhando em ritmo mais lento até parada total de produção. Esta fase é anterior às atividades de *setup* com produção de peças remanescentes do lote que se encerra. Conforme características da máquina ou do processo de fabricação, é possível que não exista esta fase.

**Período de *setup*:** Período sem produção e dedicada à troca de ferramenta e preparação para produção de novo lote de produtos. Vale ressaltar que esta definição contrasta com a tradicional definição de *setup* apontada acima. Está sempre presente em *setup* não instantâneos.

**Período de aceleração (*run-up*):** Fase após o *setup* que se inicia com o recomeço do funcionamento das máquinas para a produção de novo lote, com possíveis corridas de testes e ajustes. Pode-se gerar refugos até que se atinja níveis aceitáveis de qualidade. Esta fase somente termina quando a linha ou máquina atinge níveis desejados de qualidade e de capacidade de produção.

**Tempo de troca:** Tempo que engloba os períodos de desaceleração, período de *setup* e período de aceleração. É o período em que o sistema produtivo é influenciado pelo *setup*.

O valor da produção perdida é área destacada total (figura 2). Neste caso, o cálculo de perda não é imediato e torna-se necessário conhecer o comportamento dos períodos de aceleração e desaceleração do sistema produtivo.

Deve-se notar que houve uma significativa mudança conceitual proposta pelos autores, baseando-se nos trabalhos feitos pela equipe *Design and Manufacturing Group* do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Bath, Inglaterra. Esta equipe desenvolve pesquisa nos temas relacionados às melhorias da performance para a redução dos tempos de *setup* desde 1991 e editou o livro *Improving Changeover Performance* (McIntosh *et al.* 2001), além de ter e publicado diversos artigos.

### 3. Estudos de Caso em uma empresa metal-mecânica

Para a compreensão da realidade dos períodos de desaceleração e de aceleração, realizaram-se dois estudos de caso em uma empresa metal-mecânica da região de Campinas. O primeiro estudo de caso é uma aplicação da metodologia SMED para redução de tempo de *setup* em uma máquina injetora. O segundo caso, foi um estudo de desempenho de produtividade em uma linha de produção antes, durante e depois da realização de um *setup*.

A empresa que concedeu a oportunidade de realizarmos estes estudos é uma multinacional cuja unidade em Campinas é a sede da empresa para a América Latina. Nesta unidade fabril, os conceitos de redução de tempo de *setup* estão sendo disseminados por uma equipe de engenharia industrial a todos os funcionários operacionais. São realizados treinamentos dos conceitos SMED com pequenos ajustes às circunstâncias da empresa e na linguagem mais didática para os operadores.

#### 3.1 Caso 1: Troca de ferramentas em máquina injetora

Os primeiros trabalhos relacionados a redução de tempo de *setup* foram dedicados a troca de ferramentas em prensas (Shingo 1985, Sekine 1992, Smith 2005). Nos tempos mais atuais, com a presença cada vez maior de produtos plásticos, é muito comum o desafio de reduzir o tempo de troca de moldes de máquinas injetoras.

O primeiro estudo de caso realizado na empresa está relacionado com esta realidade e o desafio que foi lançado foi a redução do tempo gasto com a troca de molde que levava mais de 150 minutos para a troca em apenas um dígito, como postula a metodologia SMED. A máquina objeto de estudo era uma Engel E175, de origem alemã, ilustrada na figura 3.

Foi definida a equipe de trabalho, cuja primeira atividade foi um acompanhamento detalhado das atividades de *setup* nesta máquina. Neste evento participaram, além do coordenador do evento, os operadores do equipamento dos três turnos de trabalho, um funcionário de manutenção, o especialista em *setup* e o engenheiro de tempos e métodos.



Figura 3: Máquina injetora na qual foi realizado o *setup*

Resumidamente, os estágios realizados pela equipe foram as seguintes:

- Etapa 1: Análise do processo atual de *setup*;
- Etapa 2: Separação das atividades internas e externas;
- Etapa 3: Conversão das atividades internas em externas, na medida do possível;
- Etapa 4: Eliminar / simplificar atividades internas;
- Etapa 5: Eliminar / simplificar atividades externas.

Estes estágios seguiram muito de perto o que propunha a metodologia de Shingo (1985). Apenas para explicitar o conceito, as atividades internas são realizadas enquanto a máquina estiver parada; as atividades externas são realizadas enquanto a máquina estiver em funcionamento. No caso estudado, na figura 4 são apresentadas algumas atividades externas como a programação antecipada do lote seguinte (figura 4(a)) e preparação do molde do lote seguinte (figura 4(b)).

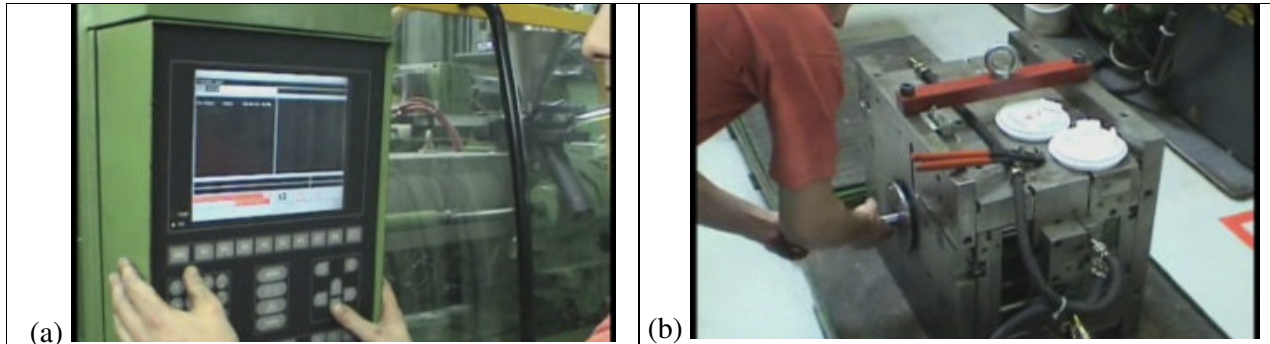


Figura 4: Atividades externas

Os ganhos de tempo em uma primeira etapa foram pequenos em comparação com a meta programada. As ações realizadas foram principalmente organizacionais, definindo o posicionamento de ferramentas e equipamento utilizados, instalando quadro de ferramentas para fácil acesso dos operadores, padronizando as tarefas realizadas por cada operador no *setup* e a adoção de dispositivos para evitar perda de tempo e facilitar o abastecimento de matéria prima do próximo lote.

Grande parte do ganho que seria significativo neste trabalho envolvia mudar no projeto de máquina e dispositivos de apoio. Isto ocorreu após estudos mais detalhados do setor de engenharia que ofereceu soluções avançadas para aumentar a velocidade da troca de ferramenta, conforme alguns exemplos dispostos na figura 5. Na figura 5(a) ilustra-se o sistema de engate rápido de cabos que alimentam o molde da máquina injetora. Trata-se de um dispositivo que precisa ter um projeto “robusto” e com poucas falhas. Na figura 5(b) há uma ilustração do sistema de pré-aquecimento de moldes implantado na empresa.

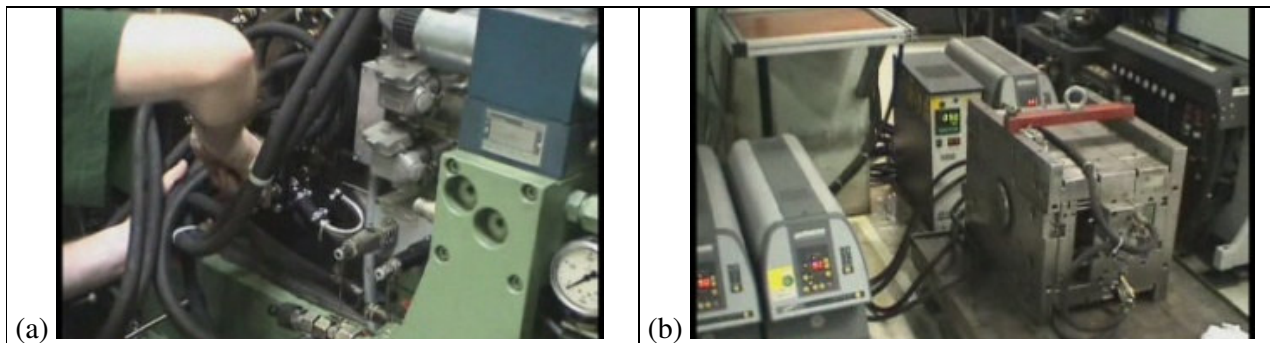


Figura 5: Investimentos realizados para melhoria do desempenho do *setup*

Outros investimentos também foram feitos com o sistema placa magnética que facilitou sensivelmente a forma de prender ou soltar os moldes. Os resultados foram satisfatórios, conforme quadro 1:

Tempo de *setup* inicial = 150 minutos  
Tempo de *setup* final = 7min 40 s  
Perda fixa pós *setup* = 3 peças

Quadro 1: Dados do *setup* na máquina injetora

A redução do tempo de *setup* foi radical e muitos ganhos foram obtidos com esta melhoria. Pelo fato de reduzir o tempo para menos de 10 minutos, houve uma grande satisfação para a equipe de engenharia industrial da empresa.

### 3.2 Caso 2: Linha Semidedicada

A linha de produção analisada caracterizava-se pelo seu alto grau de automatização, com mais de 20 processos de fabricação integrados e eram acompanhados por apenas 4 operadores. O transporte das peças entre as máquinas era feito por linha *transfer* controlado por computador.

Podem-se citar duas razões para que a linha fosse tão automatizada. Em primeiro lugar, o produto final atuava diretamente com materiais combustíveis e não poderia falhar durante seu funcionamento. O controle de qualidade era muito rigoroso e realizado a cada etapa de fabricação e o evitava-se o manuseio por parte do operador. A segunda razão é porque o valor agregado do produto era alto e interessava que sua produção tivesse baixa ociosidade. Por este segundo motivo, compreendia-se a necessidade e exigência de rápidos *setups* para ter maior taxa de ocupação da linha.

Nesta linha já tinha sido aplicada a metodologia SMED e, conforme previsto após aplicação da metodologia, o tempo esperado para cada *setup* era de 15 minutos. A gerência acreditava este ser o tempo de linha parada e, portanto, de perda real de produção a cada atividade de *setup* na linha, antes desta pesquisa ser realizada.

Uma equipe com membros da engenharia industrial e de pesquisadores da universidade acompanhou as atividades de virada de produção desta linha. O único material especial utilizado para este trabalho foi um cronômetro com nove memórias com registro de minutos centesimais. Este aparelho foi utilizado por um cronoanalista treinado para este tipo de tarefa.

A coleta de dados consistia de cronometragem do tempo de saída de cada peça e a tomada de tempos iniciou-se dez minutos antes do *setup* da primeira máquina da linha de produção. Quando começou o *setup* da linha, 99 peças A haviam sido produzidas e a linha operava em capacidade produtiva ótima. Até a parada total de produção, 684 peças remanescentes A ainda saíram da linha.

Após trinta minutos sem saída de produtos da linha, o primeiro produto B começou a ser entregue pela linha e os tempos de saída seriam cronometrados ainda por mais 87 minutos.

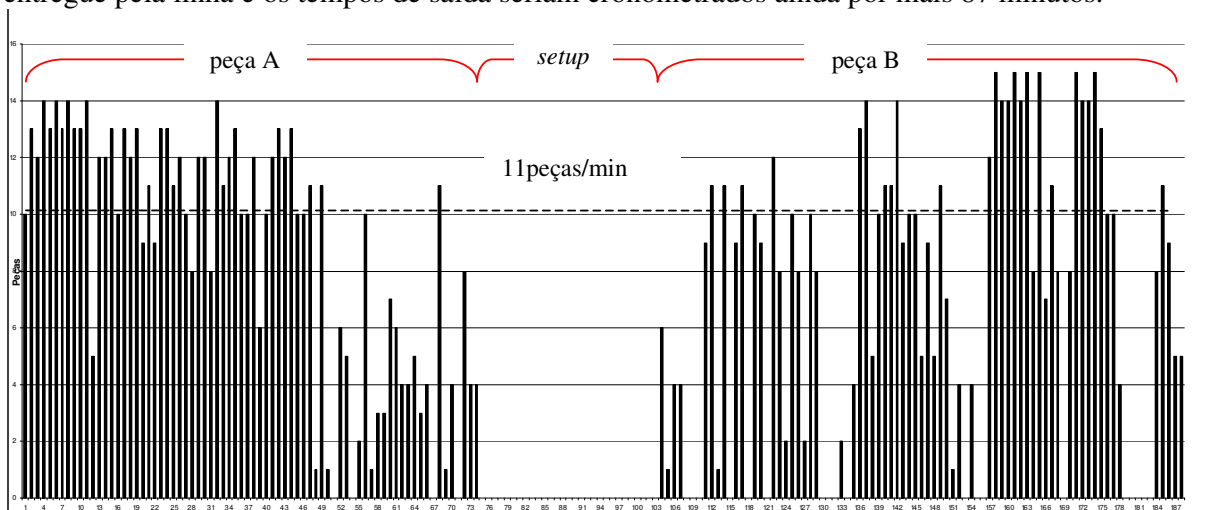


Figura 6: Número peças por minuto durante o período analisado (fonte: próprios autores)

Tempo entre a última peça A e a primeira peça B = 30 minutos  
 Total de peças produzidas = 1.243 peças  
 Média na desaceleração = 8,87 (desvio = 4,52)  
 Média na aceleração = 6,98 (desvio = 5,19)

Quadro 2: Principais dados da linha de produção analisada

No total, a equipe permaneceu durante 190 minutos acompanhando a “virada de linha” da produção. Ao final deste período, acreditava-se que a linha já estaria com capacidade de produção estabilizada. Para a primeira tabulação de dados, realizou-se a contagem de produtos por minuto. O resultado desta primeira análise gerou a figura 6 que está associada com o quadro 2.

Observando-se as médias e desvios apresentados no quadro 1, pode-se concluir que há uma oscilação muito grande na produção em duas situações: na primeira, após o 10º minuto, quando se iniciou o *setup* da linha; em segundo, durante o período de aceleração na produção da peça B, notou-se a marcante presença de muitos minutos sem produção, somando-se um total de 14 minutos, mesmo após 30 minutos de *setup*.

O cálculo de perda real parte do índice histórico de produtividade da linha. Tendo em conta que a média de tempo para cada peça é de 4,63 segundos pode-se calcular quantas peças deveriam ter sido produzidas durante a análise realizada (190 minutos):

$$[(190 \times 60) \div 4,63] \times 85\% = 2.092 \text{ peças} \quad (1)$$

A taxa de 85% refere-se ao índice OEE para fabricação de classe mundial, conforme estabelecido por Nakajima (1998), utilizado nesta empresa como índice de ajuste de cálculo de capacidade de produção.

Tendo em conta que a produção foi de apenas 1.243 peças, calculou-se a diferença de peças que esperava ser produzida e o tempo sem produção:

$$(2.092 - 1.243) \times 4,63 = 3.930 \text{ s ou } 65,5 \text{ min} \quad (2)$$

Conforme quadro 2, o tempo sem saída de produto foi de 30 minutos e a perda total nos períodos de desaceleração, tempo de *setup* e aceleração igualou-se a 65,5 minutos de linha parada. Estes números são muito maiores do que os 15 minutos previstos pela gerência de produção.

A linha tracejada da figura 6 refere-se à quantidade ideal para um minuto de produção e utilizou-se a fórmula (1) com apenas 60 segundos:

$$[60 \div 4,63] \times 85\% = 11 \text{ peças} \quad (3)$$

Deve-se destacar que as médias nos dois períodos, conforme apontados no quadro 2, foram muito aquém da meta o que significa grande perda de capacidade de produção.

No caso apresentado, deve-se notar a dificuldade para estabelecer o momento final do período de aceleração. Aparentemente, calculando-se o número de peças por minuto, poderia-se considerar o minuto 112 como o momento que se encerraria o período de aceleração e as atividades de virada de linha por atingir a meta de produção. Mas, pelo gráfico, percebe-se que há ainda muitos períodos de falta de produção provocados pelo ajustes e testes. Tais oscilações demonstram que a produção não conseguiu sua estabilização, por conta principalmente das atividades de ajustes de algumas máquinas.

### 3.3 Análise dos resultados dos estudos apresentados

Com os estudos de caso, percebeu-se a diferença que significa a realização de *setup* em uma máquina ou um sistema produtivo. As principais diferenças são notadas não no tempo de realização de *setup* mas principalmente nos períodos de desaceleração e aceleração. Os resultados alcançados com os estudos de caso também levam a uma reflexão a respeito da influência do *setup* na capacidade produtiva, assim como a correlação das características do sistema produtivo e sua flexibilidade quanto ao *setup*.

O desempenho e recuperação do sistema produtivo após a ocorrência do *setup* podem oscilar muito e ainda é possível realizar muitas pesquisas para aprofundar nas causas destas variações. Por

tratar-se de perda de produtividade, torna-se um ponto de destaque nas pesquisas de engenharia industrial.

A principal questão a respeito do comportamento da curva do período de aceleração é tentar reconhecer o seu perfil e a sua duração. McIntosh *et al.* (2001) comentam que não é simples definir com precisão o período de aceleração. A incerteza com relação ao período de aceleração corresponde a dois fatores: a sua duração ( $x$ ) e o seu perfil. Na figura 7 pode-se visualizar três perfis e variabilidade da perda de produção.

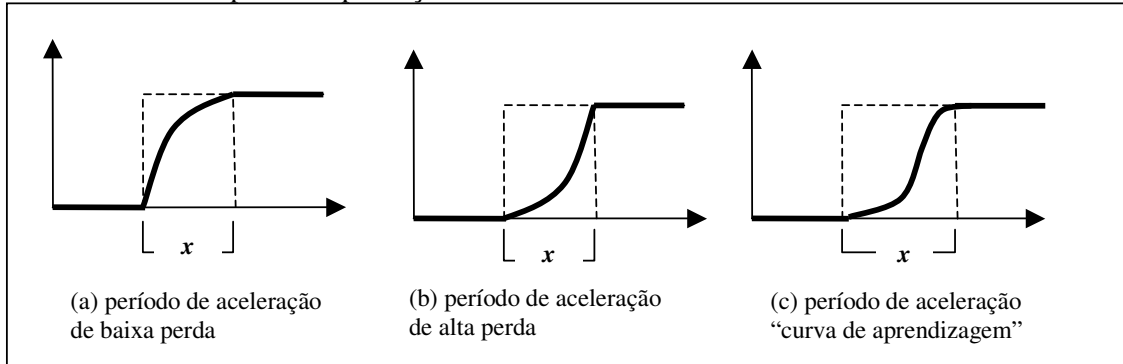


Figura 7: Tipo de comportamento da capacidade produtiva no período de aceleração (fonte: próprios autores)

O perfil mais compreensível para o período de aceleração seria o de “curva de aprendizagem”, embora não apresentado na literatura. O mais importante é buscar observar a real perda de capacidade por conta das atividades de *setup*, descobrindo as causas dessas perdas.

A aplicação da ferramenta diagrama de causa e efeito pode auxiliar na identificação entre as principais causas do comportamento do período de aceleração. O diagrama de causa e efeito, também conhecido como gráfico espinha-de-peixe, é aplicado usualmente na gestão da qualidade. Para este artigo será um apoio para a análise das diversas causas que afetam o pós-*setup*. Dependendo do sistema produtivo, um fator pode ser mais influente do que outro. Desta forma, a apresentação inicial é mais genérico, utilizando o “6M”, mais usual quando se trata de Produção e quando se deseja promover um amplo levantamento das causas potenciais que afetam dada situação

Na figura 8 encontra-se um estudo genérico das causas:

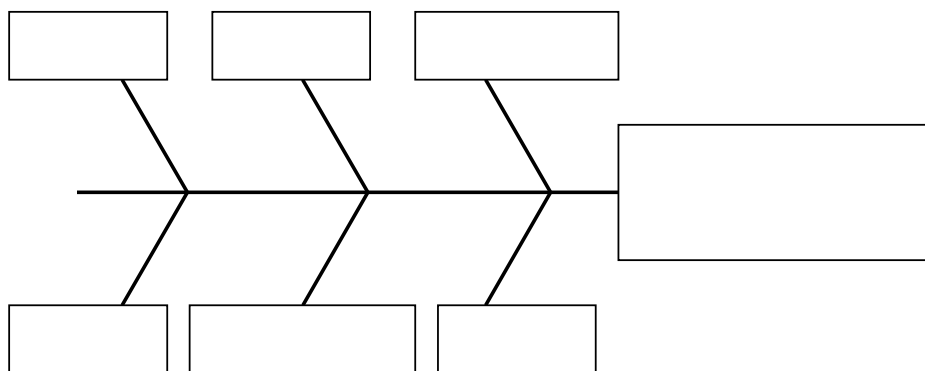


Figura 8: Diagrama de Causa e efeito do período de aceleração

Em uma análise preliminar das causas, pode-se comentar alguns aspectos:

**Máquinas:**

**1. Flexibilidade de máquina:** este é um elemento importante tanto para o *setup* como para o período de aceleração. Em um período de aceleração instável, menor é a flexibilidade de máquina para atendimento de diferentes demandas. No lado oposto, quando este período é previsível, temos maior flexibilidade de máquina.

**2. Grau de projeto de máquina para realização de *setup*:** A variabilidade do período de aceleração e sua instabilidade aumentam quando a máquina ou linha não foi projetada para



realização de *setup*. A corrida de testes e ajustes são feitos aos poucos o que reduz a produção total.

#### **Método:**

**1. Método de trabalho:** A seqüência de atividades a serem realizadas durante o *setup* deve ser padronizada de tal forma que qualquer turno que assuma esta atividade possa realizá-la com igual competência e consistência.

**2. Despreparo para seqüência de lotes:** Diversos tipos produtos podem ser feitos em uma linha sem que a mesma sofra muitas variações com relação ao período de aceleração. Isto se explica no caso em que a seqüência seja bem planejada e haja a devida preparação na produção. O despreparo e desinformação com relação ao seqüenciamento de lotes podem provocar muitas variabilidades tanto no tempo de *setup* como no período de aceleração.

#### **Mão de Obra:**

**1. Dependência de preparador:** Quando o *setup* não está padronizado, a dependência do preparador é muito grande e isso influencia nas características do pós-*setup*, alterando também a capacidade produtiva. Caso os conhecimentos de ajustes de *setup* estejam apenas na habilidade do preparador, temos uma alta dependência deste profissional que trabalha de forma artesanal. Se este preparador foi substituído por um outro com pouca experiência, os ajustes serão feitos em tentativas e erros o que aumenta o tempo de aceleração e o índice de refugos.

#### **Materiais:**

**1. Equipamentos para *setup*:** O uso de dispositivos e ferramentas inadequados para realização do *setup* acarreta problemas no período de aceleração.

#### **Medida:**

**1. Número de postos para realização de *setup*:** Uma alta quantidade de postos de trabalho ou máquinas na qual serão realizadas atividades de *setup* pode acabar multiplicando o tempo total de parada de linha e também as variações nos elementos característicos do período de aceleração.

#### **Meio ambiente:**

**1. Aspectos organizacionais:** A aplicação do SMED costuma melhorar as circunstâncias do meio ambiente na qual se realiza o *setup*. Com piores condições externas de *setup*, o período de aceleração será pior.

### **4. Proposta de Classificação do período de aceleração**

Os resultados alcançados com os estudos de caso levaram a uma reflexão dos autores a respeito da influência do *setup* na capacidade produtiva, assim como a correlação das características do sistema produtivo e sua flexibilidade quanto ao *setup*. A análise iniciou-se com a avaliação e classificação das características possíveis do período de aceleração conforme alguns elementos principais e influência na capacidade produtiva.

A tabela 1 apresenta um esboço de uma classificação de três categorias de período de aceleração e as características dos seus principais elementos. Esta classificação ainda se encontra em nível inicial de desenvolvimento e ainda são necessários desenvolver mais testes de validação. Os elementos que formam a classificação estão separados entre característicos e causadores. Os elementos característicos são originários da figura 7 (tempo e perda):

**Grau de incerteza quanto ao tempo de aceleração (x):** quando há uma alta variância do tempo de aceleração e baixa correlação com o tempo de *setup*, o grau de incerteza é mais alto, tornando o período de aceleração mais instável.

**Grau de certeza quanto à perda real no tempo de aceleração (perfil):** este elemento é bastante conhecido para períodos de aceleração previsível, com perdas bastante definidas.

Tabela 1: Classificação dos tipos do período de aceleração conforme seus principais elementos

Classificação do período de aceleração	Previsível	Intermediário	Instável
<i>Elementos característicos</i>			
Grau de incerteza quanto ao tempo de aceleração ( $x$ )	Conhece tempo de aceleração	Noções de tempo de aceleração	Total desconhecimento
Grau de certeza quanto à perda real neste período (perfil)	Dados precisos de perda no período	Noções gerais de perda do período	Desconhecimento do desempenho do sistema produtivo no pós <i>setup</i>
<i>Elementos causadores</i>			
<b>Máquina</b> Flexibilidade de máquina	Alta capacidade de atender variabilidades de demanda	Média capacidade de atender demanda variável	Dificuldades em atender mudanças na produção
Grau de projeto de máquina para realização de <i>setup</i>	Máquinas projetadas a realizar <i>setup</i>	Máquinas adaptadas para realizar <i>setup</i>	Máquinas projetadas para produção dedicada
<b>Método</b> Método de trabalho	Padronizado e constantemente auditado	Método com inconsistências	Desorganizado e sem controle
Planejamento da seqüência de lotes	<i>Setup</i> planejado	Indicação do <i>setup</i> com pouca antecipação	<i>Setup</i> imprevisível
<b>Mão de obra</b> Dependência de preparador após reinício da produção	Preparador apenas auxilia nas atividades	Preparador com mais formação técnica	Preparador é especialista de produção
<b>Materiais</b> Equipamentos para <i>setup</i>	Ferramentas e dispositivos adequados para <i>setup</i>	Ferramentas pouco adequadas para <i>setup</i>	Ferramentas improvisadas
<b>Medida</b> Número de postos para realização do <i>setup</i> completo	1	2 a 10	Mais de 10
<b>Meio ambiente</b> Aspectos organizacionais	SMED aplicado	SMED aplicado remotamente	Sem aplicação de metodologias
Exemplo	Máquina injetora com alguns minutos de <i>setup</i> e descarte fixo de três peças após fim do <i>setup</i>	Sistema de manufatura integrada com seqüência de produção planejada	Linha dedicada de produção programada a realizar <i>setup</i> de forma esporádica

(fonte: próprios autores)

Os exemplos apresentados ilustram a classificação. O primeiro estudo de caso é um exemplo em que o período de aceleração é previsível. O segundo caso seria classificado como *intermediário* quanto ao período de aceleração. Embora o *setup* seja realizado em muitas máquinas (mais de 10), trata-se de um sistema integrado e preparado para realização das atividades de parada de linha.

A vantagem de classificar os tipos de períodos de aceleração e apresentar os seus elementos possibilita o conhecimento das características próprias da atividade de *setup* e seus pontos de possível melhoria. A partir deste conhecimento, pode-se iniciar um projeto de desenvolvimento de

soluções para problemas existentes.

É oportuno dizer que se um gestor tiver uma máquina injetora, por exemplo, cujo pós-*setup* é instável, trata-se de um caso possível de muitas melhorias. Cabe ao gestor buscar soluções existentes em métodos de trabalho ou metodologias de melhorias conhecidas de redução de *setup* para que saia de uma situação instável para outra mais previsível.

## 5. Conclusões

O avanço nos estudos do *setup* tem trazido novos horizontes para pesquisa e aplicações de novas metodologias. Na bibliografia consultada, a principal preocupação tem sido restrita na redução do tempo de máquina ou linha parada e não se tem observado as conseqüências no período do período de aceleração. O estudo do comportamento deste período com os estudos de caso ofereceu luzes para a compreensão deste fenômeno e pôde-se propor uma classificação deste período conforme seus elementos principais.

Com relação à classificação, é importante comentar que se encontra ainda em fase de desenvolvimento e que a sua validade será testada em outros casos práticos. É muito válido saber distinguir os tipos de períodos de aceleração e avaliar o seu perfil e duração. São conhecimentos que podem ajudar os gestores a conhecerem melhor o impacto que as atividades de *setup* provocam na realidade, não só no período sem produção, mas na fase de aceleração.

Ao oferecer uma classificação para o período de aceleração, pode-se distinguir melhor a realidade produtiva e indicar sinais de perdas de produção que passam muitas vezes despercebidas pelos gestores. Com a metodologia descrita neste artigo, é possível utilizar o método e as fórmulas para situações semelhantes. Outro trabalho a ser realizado é a descoberta de possibilidades para reduzir a instabilidade do pós-*setup*.

Este artigo segue com uma continuidade da equipe de pesquisa, tanto na universidade como na empresa em que foi realizada a análise. Naturalmente as duas partes sairão com benefícios e a divulgação destes conhecimentos será importante para a sociedade.

## Referências Bibliográficas

- Garvin, D. A. *Managing quality: the strategic and competitive edge*. New York. Free, 1988.
- Hall, R. W. *Zero Inventories*. Homewood : Dow Jones-Irwin, 1983.
- Hay, E. Any machine setup time can be reduced by 75%. *Industrial Engineering*. n. 19, p. 62-67, 1987.
- Higgins, E. Faster better changeover. *FoodEngineering* . July/August 2001
- Johansen, P.; McGuire, K. J. A lesson in SMED with Shigeo Shingo. *Instrical Engineering*, v. 18, p. 26-33, 1986.
- McIntosh, R. I.; Culley, S. J.; Mileham, A. R. A critical evaluation of Shingo's 'SMED' methodology. *International Journal of Production Research*, v. 38, n. 11, p. 2377-2395, 2000.
- McIntosh, R. I.; Culley, S. J.; Mileham, A. R.; Owen, G. W. *Improving Changeover Performance*. Butterworth Heinemann: Oxford, 2001.
- Nakajima, S. *Introduction to TPM – Total Productive Maintenance*. Cambridge, MA: Productivity Press, 1998.
- Noaker, P. Pressed to reduce *setup*? *Manufacturing Engineering*. v. 107, p. 45-49, 1991
- Plossl, G. *Production and Inventory Control*. New York, 1991.

Quinlan, J. P. Shigeo Shingo explains 'single-minute exchange of die'. *Tooling and Production*. February, p. 67-71, 1987.

Sepehri, P.E.M., (1987) – Manufacturing Revitalization at Harley-Davidson Motor Company. *Industrial Engineering.*, v. 19, n. 8, August, 1987.

Shingo, S. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press. MA, 1985.

Smith, D. *Quick Die Change*. SME – Society of Manufacturing Engineers. Dearborn : Michigan, 2005.

Sekine, K., Arai, K.. *Kaizen for Quick Changeover: Going Beyond SMED*, 1992.

### **Proposing a Classification Model for Run-up period**

**Key-words:** *Changeover, Set-up reduction, Run-up*

**Abstract:** *Shingo's SMED (Single Minute Exchange of Die) methodology was first published in the West in 1985 and is today widely employed by industry to reduce changeover times. The methodology, which emphasizes the separation and conversion of internal setup to external setup, is likewise favourably viewed within academia. This article analyzes SMED, indicates some gaps in the methodology and proposes how potential shortcomings might be overcome. In particular it discusses problems associated with both the run-down and run-up phases of a changeover, and describes how an over-reliance on techniques to separate and convert changeover tasks can be misplaced.*