

Os Princípios e as Práticas da Produção Enxuta: revisão e discussão

Maria da Graça Saraiva Nogueira (Universidade Federal de Pelotas) graca.nogueira@ufpel.edu.br

Resumo:

O objetivo deste estudo é apresentar os princípios e as práticas típicas da produção enxuta (PE) mais citados por autores reconhecidos nesta área. Para tanto, utilizou-se uma revisão bibliográfica para quantificar os princípios e as práticas e determinar quais seriam os mais utilizados na literatura pertinente a PE. Nesta revisão detectou-se que as práticas enxutas podem ser encontradas também pela denominação de filosofias, ferramentas, técnicas, capacitadores e métodos. O resultado da pesquisa aponta que os princípios mais aplicados são os de Womack e Jones (2004). Em relação as práticas, o resultado da revisão aponta para quinze práticas como sendo as mais citadas em estudos referentes à PE. São elas: autonomação (jidoka), balanceamento da produção, controle de qualidade zero defeitos, desenvolvimento de produto enxuto, flexibilização da mão-de-obra (shojinka), gerenciamento visual, integração da cadeia de fornecedores, just-in-time (produção puxada), manutenção produtiva total, mapeamento de fluxo de valor, melhoria contínua (kaizen), nivelamento da produção, operações padronizadas, tecnologia de grupo e troca rápida de ferramentas. A discussão decorre das diferentes visões dos autores sobre uma mesma prática. Não são visões antagônicas. São visões com diferentes interpretações.

Palavras chave: Produção Enxuta, Princípios da Produção Enxuta, Práticas da Produção Enxuta.

Principles and Practices of Lean Production: review and discussion

Abstract

The aim of this study is to present the typical principles and the practices of lean production (LP) most cited by acknowledged authors in this area. For such purpose, one utilized a bibliographic review to quantify the principles and practices and to determine which would be the most utilized in the literature concerning LP. In this review one detected that the lean practices can be found also by the denomination of philosophies, tools, techniques, enablers and methods. The result of the research points that the most applied principles are those of Womack and Jones (2004). In relation to practices, the result of the review points to fifteen practices as being the most cited in studies concerning LP. They are: autonomation (jidoka), balancing production, zero defects quality control, lean product development, flexibility of labor (shojinka), visual management, integration in the providers chain, just-in-time (pulled production), total productive maintenance, mapping of the value flux, continuous improvement (kaizen), production leveling, patterned operations, group technology, and quick change of tools. The discussion results from the different views of the authors on a same practice. They are not antagonistic views. They are views with different interpretations.

Key-words: Lean Production, Principles of Lean Production, Practices of Lean Production.

1. Introdução

Para que uma fábrica seja genuinamente enxuta ela precisa transferir, ao máximo, tarefas e responsabilidades para os trabalhadores que agregam valor ao produto e, deve possuir um sistema que detecte defeitos, assim que eles ocorram e que descubram a causa raiz desse. É

promover um fluxo harmônico de materiais e informações, entre postos de trabalho e operadores, para que se produza na quantidade e no momento certo (WOMACK; JONES, 2004).

A PE é um conjunto de princípios e práticas envolvidas desde a criação e a fabricação de um produto específico, da concepção à sua disponibilidade, passando pelo projeto; da venda inicial à entrega, registrado pedido e programação da produção, e da matéria-prima produzida distante e fora do alcance da empresa, até as mãos dos clientes. É uma aliança voluntária de todas as partes (SHAH; WARD, 2003).

O objetivo principal da PE é o ataque sistêmico a *muda*, uma palavra de origem japonesa que significa perda. São exemplos de *muda*, os excessos de tempo de *setup*, grandes inventários, trabalho em processo, defeitos em materiais e/ou produtos que requerem retrabalho ou consertos, áreas de trabalho desordenadas, superprodução, movimentos e transportes desnecessários de pessoas e de materiais e, sobretudo, tempos ociosos.

Diferentes esquemas representam a estrutura do STP. A Figura 1 apresenta um modelo de estrutura, com seus dois pilares de sustentação, que são o *JIT* e a autonomia (*jidoka*), juntamente com outros componentes essenciais ao sistema.

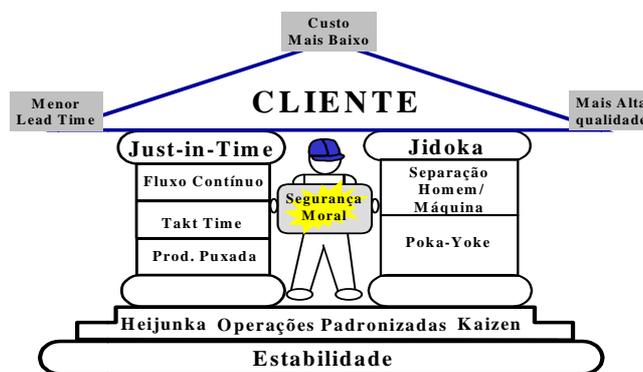


Figura 1 - A Estrutura do Sistema Toyota de Produção [Fonte: OHNO adaptado por GHINATO (2000)]

Para Shingo (1996), a PE pode ser aplicada em qualquer organização de qualquer país, tendo, contudo, que ser adaptada às características de cada situação. Segundo Ferro (2011), a disseminação da PE requer o enfrentamento de desafios peculiares, tais como a necessidade de mudança de uma cultura organizacional característica da produção em massa (por exemplo, autoritarismo e centralização do planejamento) para uma cultura organizacional enxuta.

2. Os princípios da produção enxuta

De acordo com Durán e Batocchio (2003) a terminologia e o escopo dos princípios e práticas de PE ainda estão longe de serem consensuais entre os acadêmicos e profissionais da indústria. As diferenças principais entre os princípios estudados residem na quantidade de princípios propostos bem como no seu grau de abrangência. Os princípios mais referenciados são os definidos por Womack e Jones (2004) e são os princípios mais abrangentes. São eles:

2.1 Determinar valor

O valor é definido pelo cliente. O pensamento enxuto deve, portanto, começar com uma tentativa de definir precisamente o valor em termos de produtos, capacidades e preços específicos através do diálogo com clientes. As necessidades desses devem ser identificadas e satisfeitas, principalmente, em termos de flexibilidade, custo, tempo de entrega, qualidade e

tempo de desenvolvimento do produto;

2.2 Definir a cadeia de valor

Significa conhecer toda a cadeia produtiva, desde a matéria-prima até a entrega do produto final para o cliente. A análise da cadeia de valor mostra, via de regra, que ocorrem três tipos de ação ao longo de sua extensão: 1) etapas que criam valor; 2) etapas que não criam valor, mas são inevitáveis; 3) etapas adicionais que não criam valor, mas podem e devem ser evitadas. Sob esse enfoque é necessário, então, que se crie uma nova forma de pensar e agir sobre os relacionamentos entre as empresas. Deve-se, com isso, implementar a mudança de comportamento entre elas e, também, uma maior transparência quanto a todos os passos ao longo do fluxo de valor, para que cada participante possa verificar se as outras empresas estão se comportando de acordo com os princípios especificados;

2.3 Trabalho em fluxo:

Uma vez que o valor tenha sido especificado e a cadeia de valor totalmente mapeada pela empresa, as etapas que geram desperdícios devem ser eliminadas. Após isso, o próximo passo é fazer com que as etapas restantes, que criam valor, fluam. Para tanto, será necessária uma redefinição do trabalho entre os departamentos, permitindo maior interação entre diferentes partes do sistema. Isso sempre deverá estar focado no objetivo de criar valor e abordar as necessidades reais dos funcionários em cada ponto da cadeia, para que eles realmente possam fazer o valor fluir;

2.4 Produção puxada:

A empresa deve deixar que o cliente puxe o produto, quando necessário, ou seja, a produção só deve ter início quando demandada pelo cliente. Para viabilizar isso, há necessidade, dentre outras ações, de reduzir o tamanho dos lotes e simplificar a programação da produção;

2.5 Busca pela perfeição:

O objetivo é a melhoria contínua, sem fim, melhorando gradativamente todos os princípios anteriores. A perfeição deve ser buscada em toda a cadeia produtiva.

3. As práticas enxutas e a visão de autores reconhecidos na área de PE

As práticas enxutas são definidas como qualquer elemento que operacionalize os princípios adotados. Elas devem ser um conjunto de ações planejadas, implementadas e avaliadas para viabilizarem as estratégias e metas definidas pela empresa.

As típicas práticas enxutas revisadas nesse estudo são: autonomia (*jidoka*), balanceamento da produção, controle de qualidade zero defeitos, desenvolvimento de produto enxuto, flexibilização da mão-de-obra (*shojinka*), gerenciamento visual, integração da cadeia de fornecedores, *just-in-time* (produção puxada), manutenção produtiva total, mapeamento de fluxo de valor, melhoria contínua (*kaizen*), nivelamento da produção, operações padronizadas, tecnologia de grupo e troca rápida de ferramentas.

3.1 Autonomia (*jidoka*)

Segundo Ghinato (2000), autonomia é uma expressão que pode ser entendida como máquinas dotadas de inteligência e toque humano. O objetivo principal da autonomia é impedir a produção e a propagação de anormalidades no processo de produção. Quando detectada uma anormalidade, as máquinas ou operadores têm autonomia para paralisar a produção, de modo a tornar visível a anormalidade ao operador envolvido na atividade, aos outros operadores e ao supervisor. Isso provoca uma concentração de esforços para identificar a causa-raiz do problema e eliminá-la, sem que aconteça a propagação do problema. O *jidoka* é um dos pilares da PE juntamente com o *just-in-time* (OHNO, 1997).

Um dispositivo que auxilia na detecção de problemas, viabilizando a implementação da autonomia, é o *poka-yoke* (dispositivo à prova de erros), definido no item 3.3 que define a prática de controle de qualidade zero defeitos.

A comunicação da parada da produção, com base no conceito de autonomia, é usualmente feita por meio de *andons*, os quais são painéis luminosos que indicam as condições das estações de trabalho. Os *andons* devem estar posicionados em local de visibilidade de todos, facilitando assim a localização da estação de trabalho onde estão ocorrendo problemas e o gerenciamento visual (GHINATO, 2000).

De acordo com a conceitualização atribuída por Ohno (1997), percebe-se que a autonomia está diretamente relacionada com a multifuncionalidade dos operadores, uma vez que a autonomia das máquinas para detectar problemas dispensa a presença do operador durante o processamento e o libera para realização de outras atividades durante esse período.

3.2 Balanceamento da produção

O balanceamento é um processo de alocação de trabalho, em estações, com vistas a distribuir a mesma quantidade de trabalho entre todos os operadores, com base diária ou por turno de trabalho.

Segundo Fullerton e MacWartters (2001), para obter um fluxo contínuo de produção é necessário que exista um perfeito balanceamento das operações dentro e entre as células ou linhas. Além disso, o balanceamento deve estar baseado no *takt-time* de produção, o qual é definido por Alvarez e Antunes Jr. (2001) como o ritmo de produção necessário para atender um determinado nível de demanda, dadas as restrições de capacidade da linha ou célula. O *takt-time* deve ser maior do que o tempo de ciclo da linha ou célula, sendo que esse é definido pelo tempo de operação da máquina/posto mais lento, o qual determina o ritmo máximo possível, mantidas as condições de produção (ALVAREZ; ANTUNES Jr., 2001).

3.3 Controle de qualidade zero defeitos

Para Ahlström (1998), a busca do zero defeito está intimamente associada ao princípio da perfeição. Segundo Hancock e Zayko (1998), existem dois momentos principais em que os defeitos devem ser prevenidos: durante a produção do lote piloto depois do *setup* e durante o processo produtivo.

Segundo Söderquist e Motwani (1999) e Shingo (1996) para que sejam produzidos produtos livres de defeitos são necessários quatro elementos. O primeiro é a utilização de inspeção na fonte, que identifica os erros na origem (causa-raiz); o segundo é a utilização de uma inspeção 100% ou o mais próximo disso (independe de amostragens estatísticas); o terceiro trata da necessidade de redução do tempo decorrido entre a detecção do erro e a ação corretiva; e, por último, a utilização de dispositivos *poka-yokes*, os quais viabilizam o segundo e o terceiro elementos.

Os diferentes tipos de inspeção - sucessiva, auto-inspeção e inspeção na fonte - possibilitam a inspeção de 100% dos itens através de controle físico ou mecânico, quando da utilização de *poka-yokes*. Os *poka-yokes* corrigem os erros de duas maneiras: (a) através do método de controle, quando os *poka-yokes* são ativados e a linha de processamento ou a máquina pára, proporcionando a correção do problema; e, (b) através do método de advertência, quando o *poka-yoke* é ativado e soa um alarme ou uma luz é acesa com objetivo de alertar o operador. O que define qual método utilizar é a frequência com que ocorrem os erros e o fato de poderem ser corrigidos ou não (SHINGO, 1996). Segundo Ghinato (2000) a escolha pelo tipo de *poka-yoke* a ser utilizado deve levar em conta os problemas frequentes. Os *poka-yokes* que param a produção são mais indicados para problemas de grande severidade. Para aqueles

muito freqüentes e de pouca severidade os *poka-yokes* de advertência são melhores.

Segundo Ghinato (2000) a geração de produtos com defeito tem impacto direto no cliente, pois pode influenciar o preço de venda, comprometer as quantidades programadas a serem entregues e alterar prazos de entrega devido a paradas, recuperações, inspeções adicionais e fabricação complementar.

3.4 Desenvolvimento de produto enxuto

O desenvolvimento *lean* de produto visa a eliminação de todo tipo de perda durante o projeto dos componentes do produto, sendo que essa atividade considera fortemente os requisitos do processo produtivo (cliente interno) e do cliente final. A estratégia de desenvolvimento de novos produtos, utilizando ferramentas *lean*, também visa à redução de *lead time* durante o próprio processo de desenvolvimento, bem como busca a redução do *lead time* da produção, sempre levando em conta o custo alvo estabelecido (ETI GROUP, 2006; MORGAN, 2005).

O processo de desenvolvimento *lean* de produtos deve estar totalmente alinhado com a filosofia *lean* e com as práticas adotadas na empresa, quer seja na fábrica, na relação com clientes e fornecedores, como também na organização das ações internas e gestão dos fluxos de valor (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2011).

Segundo Ward (1998), os mais típicos desperdícios presentes nas atividades envolvidas com o processo de desenvolvimento de produto são os seguintes:

- a) a dispersão, que é decorrente de mudanças freqüentes no modo de fazer as coisas e acaba gerando desperdícios. Com isso, perde-se conhecimento e know-how adquiridos ao longo do tempo;
- b) a separação entre conhecimento, responsabilidade e autonomia de ação. De um lado, há gerentes com responsabilidades, mas que não entendem de projetos; bem como há especialistas e supervisores que determinam parâmetros para o projeto, mas não o executam. De outro lado, há operadores de CAD que determinam as formas, mas não conhecem a engenharia do produto e não tem responsabilidades sobre o desempenho do projeto;
- c) o desperdício decorrente da inadequação de decisões tomadas de forma precipitada, carente de dados corretos, de experimentações e de questionamentos adequados.

No processo de desenvolvimento *lean*, uma das grandes preocupações é a padronização. Isso visa reduzir a variabilidade dos processos de trabalho, sem prejudicar sua flexibilidade (GILMORE; PINE, 1997). Isso significa que os produtos devem atender as expectativas dos clientes de forma regular e ao menor custo possível. Padronizar não significa perder flexibilidade para atender expectativas dos clientes nem sujeitar os trabalhadores a rotinas monótonas e normas rígidas (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2011).

3.5 Flexibilização da mão-de-obra (*shojinka*)

Uma vez que a demanda de todos os tipos de produtos pode diminuir ou aumentar, a empresa deve ser capaz de reduzir ou aumentar a quantidade de operários em qualquer área de trabalho para adaptação às variações de demanda. Esta capacidade para atender a demanda é denominada de *shojinka*. A flexibilização da mão-de-obra só é viabilizada se o leiaute fabril for adequado e os operadores multifuncionais forem bem treinados (MONDEN, 1997).

A multifuncionalidade, conforme adotada na Toyota, é obtida a partir de um sistema de rotação de trabalho que gradativamente capacita os operadores a executarem um amplo rol de atividades. É necessário desenvolver uma força de trabalho capaz de suportar o aumento de responsabilidades decorrente da PE, proporcionando operadores com capacidade de identificarem e desenvolverem melhorias (GHINATO, 2000).

A multifuncionalidade é tipicamente implementada com duas variações: (a) operação de múltiplas máquinas, onde o operador executa suas atividades em várias máquinas, mas não segue o fluxo de produção do produto; e, (b) operação de múltiplos processos, onde o operador acompanha o fluxo de produção do produto. Segundo Shingo (1996), os ganhos com operadores capacitados para operar sistemas de múltiplos processos são bem maiores do que os ganhos obtidos pelo sistema de múltiplas máquinas. Uma das explicações para esse fato pode ser devido ao maior conhecimento adquirido, pelo operador, sobre todo o fluxo produtivo.

3.6 Gerenciamento visual

O gerenciamento visual objetiva a comunicação de informações sobre o status de processos de modo a não permitir margem para dúvidas na interpretação da informação, bem como a diminuição do tempo de *feedback* para as ações de controle do sistema (ALVAREZ; ANTUNES Jr., 2001).

De acordo com Formoso *et al.* (2002) há quatro formas básicas de implementação do gerenciamento visual: (a) uso de dispositivos visuais, tais como placas de sinalização e de segurança, indicadores de locais e locais de trânsito permitido ou proibido, controles visuais tais como faixas para demarcar local de descarregamento, armazenamento e bordas no piso; (b) 5S (organização, arrumação, limpeza, padronização e autodisciplina); (c) coleta e divulgação de indicadores de desempenho, principalmente os indicadores de processo; (d) remover obstáculos visuais que dificultem a comunicação entre operadores (por exemplo, remover ou realocar armários, colocar uma parede de vidro no lugar de uma parede de alvenaria).

Segundo Henderson e Larco (2000) a empresa enxuta é uma empresa “visual”, pois se caracteriza pela ampla disponibilidade das informações em formas de gráficos, tabelas, cartazes e qualquer outra forma que proporcione aos operadores visualizar as informações necessárias à sua área, tais como os objetivos, as vendas, os níveis de qualidade, inventários, treinamentos e progressos obtidos pelos operadores em treinamento.

3.7 Integração da cadeia de fornecedores

A PE prega um relacionamento pró-ativo entre fabricantes e fornecedores, em todas as áreas de interesse comum (BRUCE *et al.*, 2004). Para Panizollo (1998), devido à vulnerabilidade do sistema *lean* quando ocorrem perturbações e variações nas condições de trabalho planejadas, as parcerias entre comprador e fornecedor são essenciais. Segundo Phelps *et al.* (2004) a busca por relações de longo prazo deve envolver desde o nível logístico (pequenos lotes, regularidade e compromisso de entrega, inspeção de qualidade na fonte, contratos de qualidade assegurada) até o nível estratégico/tecnológico (união para projetos de novos produtos/tecnologias, *kanban* de fornecedores e a divisão de riscos e oportunidades).

A PE prima por uma gestão integrada de toda cadeia de fornecedores e tem como características principais a diminuição da base de fornecedores (menor número de fornecedores, mas com contratos de maior prazo), informações comerciais e de projeto compartilhadas e a redução dos custos de aquisição (SIMÃO; ALLIPRANDINI, 2004).

3.8 Just-in-time - JIT (produção puxada)

De acordo com White e Prybutok (2001) e Monden (1997) o *just-in-time* (JIT) é uma prática que auxilia a PE na produção das unidades necessárias, na quantidade e no tempo necessário. Para isso, tipicamente o processo subsequente retira as peças necessárias do processo precedente, na quantidade e tempo necessários. Assim, o processo precedente só produz as peças que foram retiradas (MONDEN, 1997). O consumidor atua como o único gatilho do

movimento. Se uma requisição não é passada para trás pelo consumidor para o fornecedor, o fornecedor não é autorizado a produzir nada ou mover qualquer material (SLACK *et al.*, 1996).

Segundo Smalley (2011), existem três tipos básicos de sistemas puxados de produção: o sistema puxado com supermercado, o sistema puxado seqüencial e o sistema puxado misto (com elementos dos dois outros sistemas combinados). O que esses três sistemas têm em comum são alguns elementos técnicos importantes para que o sistema possa puxar. São eles: (a) produtos fluindo em pequenos lotes (se possível, criando fluxo unitário de produtos); (b) puxar os processos de acordo com o tempo *takt* (o que evita as perdas por superprodução); (c) sinalizar o reabastecimento através de cartões *kanban*; e, (d) nivelar o *mix* e a quantidade de produtos.

Para atender ao planejamento e controle da produção na lógica JIT, o *kanban*, palavra de origem japonesa que significa cartão ou sinal, é a ferramenta mais disseminada. O princípio do *kanban* é sempre o mesmo: sua disponibilização normalmente em quadros junto aos postos de trabalho dispara o transporte, a produção ou o fornecimento. Slack *et al.* (1996) descrevem os tipos de *kanbans* mais comuns. O *kanban* de transporte avisa que o material em estoque pode ser retirado e enviado para o local destinado, o *kanban* de produção desencadeia a produção de itens recém consumidos e o *kanban* do fornecedor, é usado para a reposição de material ou componente produzido por fornecedor externo à planta.

3.9 Manutenção produtiva total

A manutenção produtiva total (MPT) é uma parceria entre todas as funções da organização, especialmente entre a produção e a manutenção, resultando em melhoria contínua para a qualidade dos produtos, operações eficientes, segurança e garantia de qualidade (BAMBER *et al.*, 1999).

Os objetivos da MPT são: a otimização do rendimento global dos equipamentos; um sistema de manutenção que considere toda a vida útil dos equipamentos; a obtenção do comprometimento de todos os departamentos na sua implementação; o envolvimento de todos os funcionários da empresa - da alta gerência até os operadores de chão-de-fábrica; e, tornar a MPT uma motivação gerencial, através do desenvolvimento de atividades autônomas de melhorias implementadas por pequenos grupos a fim de que as máquinas e os equipamentos tenham um elevado grau de confiabilidade, garantindo a previsibilidade produtiva (ANTUNES Jr., 1998).

A MPT pode ser classificada quanto à centralização e quanto à finalidade (ANTUNES Jr., 1998):

a) quanto à centralização: centralizada, quando as operações são planejadas e realizadas por equipes que atendem todos os setores da fábrica. O tipo descentralizado ocorre quando a fábrica é dividida em áreas e cada área possui uma equipe específica de manutenção;

b) quanto à finalidade: pode ser corretiva ou de emergência, preventiva, sistêmica e preditiva. A manutenção corretiva é aquela que acontece sem planejamento, realizada quando ocorre uma pane em alguma máquina. A manutenção preventiva é aquela que acontece com planejamento para evitar parada de emergência, o que implica em inspeção periódica dos equipamentos, lubrificação programada, substituição periódica de peças críticas, entre outras. A manutenção sistêmica é a evolução da manutenção preventiva, pois conta com gráficos de controle estatístico através dos registros históricos de manutenção. A manutenção preditiva é uma extensão da manutenção preventiva, pois propõe que cada máquina ou componente seja explorado do modo mais efetivo possível em relação a sua utilidade.

Nakajima (1988, *apud* AHMED *et al.* 2005) propõe um indicador para a medição do progresso do OEE (*overall equipment effectiveness*). Este indicador procura revelar todas as perdas resultantes das variabilidades que afetam o equipamento possibilitando avaliar sua real capacidade. O OEE é calculado através da multiplicação dos três indicadores listados a seguir nas equações 1, 2 e 3:

Equação 1 - índice de disponibilidade:

$$\frac{\text{tempo total planejado - as paradas programadas e não programadas}}{\text{tempo total planejado - as paradas programadas}}$$

Equação 2 - índice de performance operacional:

$$\frac{\text{tempo total de ciclo x total de peças produzidas}}{\text{tempo total planejado - as paradas programadas e não programadas}}$$

Equação 3 - índice de qualidade do produto:

$$\frac{\text{total de peças produzidas - refugos e retrabalhos}}{\text{total de peças produzidas}}$$

Os valores definidos como de classe mundial para os resultados do OEE são: o índice de disponibilidade deve estar acima de 90%; o índice de performance operacional deve estar acima de 95%; o índice de qualidade do produto deve estar acima de 99%. Atingindo esses limites, o resultado do OEE dos equipamentos ficará em torno de 85%, o que é considerado satisfatório (NAKAJIMA, 1988 *apud* AHMED *et al.*, 2005).

3.10 Mapeamento do fluxo de valor

A prática de mapeamento de fluxo de valor (MFV) é, segundo Rother e Shook (1999), seguir o caminho percorrido por um produto, desde o pedido do consumidor, passando pelos fornecedores, pela produção até a entrega. Durante esse processo, desenha-se a representação visual de cada etapa do processo e os fluxos de material e de informação. Com base nessas informações constroem-se dois mapas: primeiramente, o mapa do estado atual, mostrando o fluxo do processo existente e identificando as fontes de desperdícios; depois, monta-se o mapa do estado futuro onde o objetivo é aumentar a proporção de atividades que gerem valor ao longo do fluxo.

O desenho desses mapas facilita a análise dos processos de agregação de valor horizontalmente, rompendo com a perspectiva tradicional de examinar departamentos ou funções e dando ênfase nas atividades, ações e as conexões no sentido de criação e fluxo de valor, dos fornecedores até os clientes finais. Assim que o mapa do “estado futuro” torna-se realidade, o processo de mapeamento deve reiniciar, o que acaba desencadeando um processo de melhoria contínua (ROTHER; SHOOK, 1999).

O MFV é uma ferramenta que além de identificar o fluxo de valor pode determinar em que ponto o *kaizen* de fluxo ou de processo é apropriado (FERRO, 2011; LEAN INSTITUTE BRASIL, 2011).

3.11 Melhoria contínua (kaizen)

O *kaizen* está intimamente ligado ao princípio da perfeição. Existem três características essenciais do *Kaizen*: ele é contínuo, de fácil implementação, em contraste com outras iniciativas de reorganização ou inovação tecnológica e é participativo, permitindo o envolvimento e uso da inteligência da força de trabalho (BRUNET; NEW, 2003). Há dois níveis de *kaizen*: (a) *kaizen* de sistema ou de fluxo, dirigido aos gerentes, que tem impacto no

fluxo total de valor e (b) *kaizen* de processo, dirigido a equipes de trabalho e líderes de equipe, que enfoca processos individuais (ROTHER; SHOOK, 1999).

A base da melhoria contínua está na participação de todos os trabalhadores. Em plantas enxutas, essa participação se dá tipicamente pelas atividades desenvolvidas em pequenos grupos (APG's). Segundo McIntosh (2001) e Imai (1996) toda melhoria obtida deve ser padronizada e implementada para, em seguida, dar início ao processo de novas melhorias e de novas padronizações.

3.12 Nivelamento da produção

O nivelamento da produção é a criação de uma programação nivelada de produção através do sequenciamento de pedidos em um padrão repetitivo e do nivelamento das variações diárias de todos os pedidos para corresponder à demanda em longo prazo (GHINATO, 2000).

Para a viabilização do nivelamento da produção, Coleman e Vaghefi (1994) enfatizam alguns requisitos importantes, tais como a flexibilidade do leiaute, que pode necessitar de pequenas adaptações, conforme o mix de produção, tempos reduzidos de setup e operadores multifuncionais para atender a necessidade imposta pelo mix de produtos. Assim, para atender ao nivelamento de um mercado diversificado é necessário o bom desempenho das práticas de troca rápida de ferramentas e manutenção produtiva total (SIMÃO; ALLIPRANDINI, 2004).

O nivelamento da produção também requer vendas niveladas. A Toyota aprendeu que é melhor manter os preços constantes e fabricar peças de reposição no mesmo ritmo dos pedidos do que promover ofertas especiais, com preços muito inferiores aos dos concorrentes. Tais ofertas acarretam a produção de peças com antecedência, pois é impossível prever qual será e demanda por esses produtos, o que provoca pedidos extras aos fornecedores e, muitas vezes, a devolução dessas peças pelas concessionárias (WOMACK; JONES, 2004).

3.13 Operações padronizadas

O sistema produtivo está sob controle quando existem padrões que são seguidos pelos funcionários e o nível de variabilidade é baixo. A redução da variabilidade é um dos objetivos da PE e esse só está assegurado quando todo trabalho apresenta conteúdo, seqüência, tempos e resultados padronizados e especificados (SPEAR; BOWEN, 1999).

A padronização das operações é a descrição minuciosa e de fácil acesso, de cada operação, para garantia de que cada operador responsável por executar uma atividade executará sempre da mesma forma, sem realizar ações e movimentos desnecessários, mantendo sempre a mesma qualidade e tempo de execução. Segundo Monden (1997), a operação padrão é constituída de três elementos: o tempo de ciclo, as rotinas de operação padrão e a quantidade padrão de material em processo. Imai (1996) ressalta que a exposição dos padrões junto aos postos de trabalho é uma aplicação da prática de gerenciamento visual, que reforça a idéia de transparência na organização. Assim, o operador tem próximo de si a descrição da forma correta de execução de suas atividades.

Na Toyota, a padronização é uma ferramenta para medir como as coisas estão sendo feitas e uma referência para quando houver mudanças. Desde o primeiro dia de trabalho os operadores da Toyota são encorajados à mudança, mas esta só é implementada e mantida se superar o antigo padrão e, então, é designada de *kaizen* (SMALLEY, 2011).

3.14 Tecnologia de grupo

Ghinato (2000) afirma que para atender as necessidades da PE, deve-se converter os tradicionais leiautes funcionais (ou leiautes por processos) para células de manufatura compostas pelos diversos processos necessários à fabricação de determinada família de

produtos.

Existem três passos necessários para a formação de leiaute. São eles: a formação de famílias de produtos e células de manufatura, o arranjo das máquinas ou das estações de trabalho dentro de cada célula (leiaute celular) e determinar a configuração da célula no chão-de-fábrica (HYER; BROWN, 1999; HASSAN, 1995).

Segundo Hassan (1995), desenvolver um sistema de tecnologia de grupo (TG) é uma tarefa prolongada e trabalhosa devido a um grande número de aspectos de projeto, da inter-relação de fatores que devem ser consideradas a das decisões que precisam ser feitas. Alguns passos para o desenvolvimento desse sistema são:

- a) disposição de dados preliminares: matriz da relação máquina/partes, tipo de operações de manufatura, ciclo de vida de produtos;
- b) determinação da adequação da manufatura de TG: a TG pode não ser adequada a todo tipo de ambiente de manufatura;
- c) relacionamento com leiaute flexível: quando são esperadas variações no mix de produto e no volume de demanda, a flexibilidade pode ser incorporada a TG para responder a essas mudanças;
- d) identificação de fatores significantes: é preciso identificar fatores que impactam na célula, na formação das famílias e, conseqüentemente, no leiaute, para que possam ser articuladas as devidas soluções;
- e) metodologia para formação de famílias e células: uma metodologia deve ser adotada para a formação de famílias e células. Após a aplicação dessa, é possível a adequação dos procedimentos anteriormente adotados e que não obtiveram resultados positivos e puderam ser detectados;
- f) identificação da localização de máquinas gargalo: é necessária para a correta designação de cada máquina para os arranjos celulares constituídos.

A prática de tecnologia de grupo atende a PE quando ela passa por dois aspectos relevantes: primeiro, a existência de fluxo unitário de peças entre os postos de trabalho e, segundo, a flexibilidade para operar com diferentes tempos de ciclo (tamanho da equipe e número de produtos). Assim sendo, a prática de JIT encontra elementos importantes para seu desempenho quando o leiaute e os postos de trabalho apresentam os aspectos citados anteriormente.

3.15 Troca rápida de ferramentas

A TRF é uma prática que busca a redução nos tempos de setup, auxiliando, em conseqüência, no sucesso da produção em pequenos lotes, redução nos estoques intermediários e finais, bem como na redução dos lead times e fabricação de produtos defeituosos (FOGLIATTO; FAGUNDES, 2003; MONDEN, 1997).

Segundo Shingo (2000), existem dois tipos de operação de setup: o setup interno, correspondente a operações que só podem ser executadas quando a máquina estiver parada; o setup externo, correspondente a operações que podem ser concluídas enquanto a máquina está funcionando. O grande objetivo dessa classificação é indicar a possibilidade de transformar ao máximo os setups internos em setups externos. Quando é possível essa transformação, o ganho de tempo de máquina em funcionamento aumenta consideravelmente.

Diversas estratégias práticas para redução de setups externos e internos são apresentadas na literatura, tais como evitar o uso de parafusos e porcas de tamanhos diferentes, redução do número de roscas, redução do número de orifícios e eliminação de ajustes desnecessários

(MONDEN, 1997).

4. Metodologia

A revisão bibliográfica sobre as práticas enxutas mais citadas na literatura referente ao tema, aconteceu em 2011, para complementar um estudo desenvolvido em 2007. As bases de dados utilizadas foram: North Carolina State University - NCSU (disponível em: <http://www.lib.ncsu.edu/>), a EBSCO (disponível em: <http://search.ebscohost.com/>) e o Google (disponível em: <http://www.google.com.br/>). As palavras buscadas foram: princípios, práticas, filosofias, ferramentas, técnicas, capacitadores e métodos, todas com o complemento “da produção enxuta”. Também foram buscados os mesmos termos na língua inglesa.

5. Discussão

O resultado da pesquisa aponta que os princípios mais aplicados são os de Womack e Jones (2004). Em relação as práticas, o resultado da revisão aponta para quinze práticas como sendo as mais citadas em estudos referentes à PE. Na revisão foi possível detectar a utilização de algumas práticas com denominações diferentes, mas com a mesma interpretação sobre seu uso e indicação. Os autores pesquisados apresentam diferentes interpretações sobre algumas práticas. São pequenas considerações que não chegam a confrontar a visão de outros autores mas que permitem a extensão da aplicação de uma mesma prática para outras áreas operacionais.

Referências

- AHLSTRÖM, P. *Sequences in the Implementation of Lean Production*. European Management Journal. v. 16, n. 3, 1998.
- AHMED, S.; HASSAN, M.; TAHA, Z. *TPM can go beyond maintenance: excerpt from a case implementation*. Journal of Quality in Maintenance Engineering. v. 11, n. 1, p. 19 – 42, 2005.
- ALVAREZ, R. R.; ANTUNES JUNIOR, J. A. V. *Takt-time: conceitos e contextualização dentro do sistema toyota de produção*. Gestão e Produção. v. 8, n. 1, p. 1 – 18, 2001.
- ANTUNES JR., J. A. V. *Manutenção produtiva total: uma análise crítica a partir de sua inserção no sistema Toyota de produção*. Anais do 18º ENEGEP, 21 a 25 de setembro, Niterói, 1998.
- BAMBER, C. J.; SHARP, J. M.; HIDES, M. T. *Factors affecting successful implementation of total productive maintenance: a UK manufacturing case study perspective*. Journal of Quality in Maintenance Engineering. v. 5, n. 3, p. 162 – 181, 1999.
- BRUCE, M.; DALY, L.; TOWERS, N. *Lean or agile – A solution for supply chain management in the textiles and clothing industry?* International Journal of Operations & Production Management. v. 24, n. 2, p. 151 – 170, 2004.
- BRUNET, A. P.; NEW, S. *Kaizen in Japan: an empirical study*. International Journal of Operations & Production Management. v. 23, n. 12, p. 1426 – 1446, 2003.
- DURAN, O.; BATOCCHIO, A. *Na direção da manufatura enxuta através da J4000 e o LEM*. Revista Produção Online, v. 3, n. 2, jun 2003.
- ETI GROUP. *Lean Design*. Disponível em <http://cpd.ogi.edu/LeanDesign.pdf>.
- FERRO, J. R. *A essência da ferramenta Mapeamento do Fluxo de Valor*. Disponível em: http://www.lean.org.br/bases.php?&interno=artigo_07.
- FOGLIATTO, F. S.; FAGUNDES, P. R. M. *Troca rápida de ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso*. Gestão & Produção, v.10, n.2, p.163-181, ago. 2003.
- FORMOSO, C. T.; SANTOS, A.; POWELL, J. A. *An exploratory study of the applicability of process transparency in construction sites*. Journal of Construction Research. v. 3, n. 01, 2002.
- FULLERTON, R. R.; MAcWATTERS, C. S. *The production performance benefits from JIT implementation*. Journal of Operations Management, v. 19, p. 81-96, 2001.
- GHINATO, P. *Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção*. In: Almeida & Souza (org.). Produção e Competitividade: aplicações e inovações. Pernambuco: Editora UFPE, 2000. p. 31-59.

- GILMORE, J. H.; PINE, B. J.** *The four faces of mass customization*. Harvard Business Review. v. 75, n. 1, p. 91 – 102, 1997.
- HANCOCK, W. M.; ZAYKO, M. J.** *Lean Production: implementation problems*. IIE Solutions. v. 30, n. 6, p. 38-45, 1998.
- HASSAN, M. M. D.** *Layout design in group technology manufacturing*. International Journal of production economics. V. 38, p. 173-188, 1995.
- HENDERSON, B. A.; LARCO, J. L.** *Lean Transformation*. Richmond, Virgínia: The Oaklea Press, 2000.
- HYER, N. L.; BROWN, K. A.** *The discipline of real cells*. Journal of Operations Management. v. 17, p. 557 – 574, 1999.
- IMAI, M.** *Gemba-Kaizen: estratégias e técnicas do Kaizen no piso de fábrica*. São Paulo: IMAM, 1996.
- LEAN INSTITUTE BRASIL.** *Léxico lean: glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean*. Disponível em: <http://www.lean.org.br/>
- McINTOSH, R. I.; CULLEY, S. J.; MILEHAM, A. R.; OWEN, G. W.** *Changeover improvement: A maintenance perspective*. International Journal of Production Economics. n. 73, p. 153-163, 2001.
- MONDEN, Y.** *Toyota Production System: an integrated approach to just-in-time*. 3ª edição. Norcross, Georgia: Engineering and Management Press, 1997.
- MORGAN, J.** *Applying Lean Principles to Product Development*. SAE International. Disponível em: <http://www.sae.org> .
- OHNO, T.** *O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Editora Bookman, 1997.
- PANIZOLLO, R.** *Applying the lessons learned from 27 lean manufacturers. The relevance of relationships management*. International Journal of Production Economics. n. 55, p. 223-240, 1998.
- PHELPS, T.; SMITH, M.; HOENES, T.** *Building a lean supply chain*. Manufacturing Engineering. v. 132, n. 5, 2004.
- ROTHER, M.; SHOOK, J.** *Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar desperdícios*. The lean enterprise institute. Brookline, Massachusetts, EUA, 1999.
- SHAH, R.; WARD, P.** *Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance*. Journal of Operations Management. v. 21, p. 129 – 149, 2003.
- SHINGO, S.** *O Sistema Toyota de produção do ponto de vista da Engenharia de produção*. 2ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.
- SHINGO, S.** *Sistema de troca rápida de ferramenta*. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- SIMÃO, L. A. P. M.; ALLIPRANDINI, D. H.** *Produção Enxuta em uma empresa de processo*. São Paulo, Editora EPSE, 2004.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R.** *Administração da produção*. São Paulo: Atlas, 1996.
- SMALLEY, A.** *Conectando a montagem aos processos em lotes através de sistemas puxados básicos*. Disponível em: http://www.lean.org.br/bases.php?&interno=artigo_34.
- SÖDERQUIST, K.; MOTWANI, J.** *Quality issues in lean production implementation: a case study of a French automotive supplier*. Total Quality Management. v. 10, n. 8, 1999.
- SPEAR, S.; BOWEN, H. K.** *Decoding the DNA of the Toyota Production System*. Harvard Business Review. September-October, 1999.
- WARD, A.** *Another Look at How Toyota Integrates Product Development*. Harvard Business Review, v76, n.4, Jul-Aug, p.36-50, 1998.
- WHITE, R. E.; PRYBUTOK, V.** *The relationship between JIT practices and type of production system*. The International Journal of Management Science. Omega 29, 2001.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T.** *A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.