

Recebido em: 28/12/08

Aprovado em: 18/12/09

# Implantação de conceitos de manufatura enxuta em célula de conformação de chapas

José Augusto Camargo Alves (UNICAMP, SP, Brasil) – [augustoalves333@gmail.com](mailto:augustoalves333@gmail.com)

Iris Bento da Silva (UNICAMP, SP, Brasil) – [iris@fem.unicamp.br](mailto:iris@fem.unicamp.br)

• R. Mendeleiev, s/n, Barão Geraldo, CEP: 13083-970, Campinas-SP, Caixa-postal 6122

## **Resumo**

*A necessidade crescente de células produtivas, cada vez mais eficientes, torna imprescindível a utilização de ferramentas de manufatura enxuta, para modificação na forma de planejar, manipular e processar o produto. Neste trabalho, será apresentado um cenário produtivo deficiente, de uma célula de conformação de chapas e os procedimentos implantados para torná-la adequada aos requisitos de demanda de uma companhia.*

*Palavras-chave: Manufatura enxuta, Just in time, eliminação de desperdícios.*

## **Abstract**

*The increasing need to make work cells increasingly more productive makes it necessary to implement lean manufacturing tools to modify the methodology of planning, handling and processing the product. In this paper a deficient sheet forming cell will be presented as will the procedures implemented to adjust it within the demand requirements defined by company.*

*Keywords: Lean Manufacturing, Just in time, wasting and elimination.*

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de conformação de peças de grandes dimensões caracteriza-se por sua elevada complexidade, exigindo diversos procedimentos de preparação de chapas e de ferramental e intensos deslocamentos, para posicionamento adequado das peças. Nesse contexto adverso, os diversos procedimentos não agregadores de valor, se misturaram e intensificaram junto aos procedimentos realmente necessários, tornando a célula deficiente, em termos de produtividade, afetando a cadeia produtiva como um todo. Dessa forma, se fez necessário executar um replanejamento das células, considerando a introdução de diversos conceitos de manufatura enxuta, tais como, ações para redução de tempo de *setup*, redução de inventário em processo (WIP – *Work in Process*), implantação de metodologia de gestão visual, para acompanhamento da produtividade da área, eliminação de desperdícios, entre outros, tendo em vista a necessidade de tornar a célula adequada aos índices de fabricação requeridos no cenário atual.

Assim, este trabalho tem o intuito de implantar mecanismos que possibilitem:

- Melhorar em 50% a capacidade produtiva e eficiência operacional da área;
- Reduzir em 30% os tempos de preparação e em 60%, o número de peças em processo;
- Ter ferramenta de acompanhamento de produtividade da área;
- Reduzir em 50% os desperdícios verificados na área;
- Reduzir em 30% a área ocupada pela célula.

Embora os objetivos deste trabalho sejam, de certa forma, focados no planejamento estratégico da empresa em estudo, um trabalho de melhoria contínua deve sempre ter como meta, atingir os seguintes pontos:

- Zero defeito;
- Tempo zero de preparação;
- Estoques zero;
- Movimentação zero;
- Quebras zero;
- *Lead time* zero;
- Lote unitário (*one piece flow*).

Desse modo, de acordo com o Yalin Enstitu (2006), um trabalho de manufatura enxuta deve ser desenvolvido, no sentido de eliminar todos os desperdícios que “pesam” no sistema produtivo, possibilitando a empresa apresentar ao cliente o valor perfeito, em termos de custo, qualidade e prazo de entrega.

No intuito de buscar tais objetivos, as ações desencadeadas neste trabalho foram essencialmente voltadas para eliminação de sete principais categorias de desperdícios, listados por Poppendieck (2002), Liker (2004), Corrêa & Corrêa (2006), da seguinte forma:

- Excesso de produção, fabricando itens que não são demandados pelo cliente. Este fator decorre usualmente da necessidade de compensação do elevado tempo gasto na preparação do ferramental ou ainda, em função de incertezas da ocorrência de problemas de qualidade e confiabilidade dos equipamentos.
- Espera ou atrasos gerados por falhas ou sobrecargas no fluxo produtivo. Usualmente, esse atraso baseia-se em procedimentos que visam garantir máxima utilização dos recursos. Na realidade, em um cenário *Just in time* (JIT), a prioridade deve sempre ser o fluxo de materiais, que por sua vez, automaticamente define a taxa de utilização dos equipamentos. Dessa forma, deve haver uma sincronização entre fluxo de trabalho e balanceamento da linha, para eliminação desse tipo de desperdício.
- Movimentação desnecessária de operadores e de componentes. Tal desperdício é verificado em função de restrições do processo e de instalações, impondo a necessidade de intensas movimentações ao longo do processamento. Além disso, andar e procurar algo é desperdício. Por esse motivo, a organização de ferramentas e consumíveis deve ser criteriosa e posicionada próxima à área de trabalho.
- Processo de fabricação desenvolvido de maneira ineficiente ou inadequada. As ações para eliminação desse tipo de desperdício, baseiam-se, muitas vezes, de forma equivocada, na redução dos tempos das atividades. No entanto, a solução deste problema consiste em avaliação detalhada de cada procedimento empregado, seu custo e seu valor agregado ao produto. Assim, os que custam muito e agregam pouco devem ser eliminados e não simplesmente otimizados.
- Excesso de inventário (WIP). Os estoques são procedimentos que encobrem outros desperdícios. Para mantê-los, se têm grandes desperdícios em investimentos e espaço. Para eliminá-los, é necessário atuar na causa-raiz dos outros desperdícios, como, por exemplo, reduzindo tempos de preparação de máquina e aumentando a confiabilidade dos equipamentos.
- Produtos defeituosos, gerando operações extras de inspeção, disponibilização de mão-de-obra e equipamentos para retrabalho. Além disso, tem-se o gasto do material e custos associados à movimentação e armazenamento desses componentes.
- Criatividade humana inutilizada, podendo perder tempo, idéias, melhorias e oportunidades de aprendizado, pela falta de engajamento dos funcionários.

Para iniciar a implantação de ferramentas que possibilitassem alcançar tais objetivos, realizou-se uma semana *Kaizen* que, de acordo com Lee (2003), possibilita mudanças rápidas, eficazes, dramáticas e efetivas, perfeitamente adequadas à definição de células enxutas de trabalho.

## 2. DESENVOLVIMENTO PRÁTICO

### 2.1. Redução de *setup*

Os ferramentais empregados nesse processo produtivo apresentam grandes dimensões e pesos. Em alguns casos, pode-se observar ferramentais com 1,5 metro quadrado de base, pesando aproximadamente seis toneladas. Com essas características, torna-se necessário a utilização frequente de ponte rolante, para sua movimentação, no interior da célula em estudo. Diante de tais fatos, as primeiras ações do trabalho foram direcionadas a procedimentos que possibilitassem minimizar os deslocamentos de ferramentas. Adotou-se como meta, reduzir em cerca de 40% os tempos gastos para qualquer ferramental empregado no processo. Esses valores foram estipulados, baseando-se no fato de que se alcançados, possibilitariam um aumento na capacidade produtiva da célula, em torno de 50%, permitindo a célula manter um fluxo contínuo com as células fornecedoras e cliente, de modo a atender adequadamente a demanda de produção requerida pela fábrica como um todo.

O procedimento adotado para atingir as metas, consistiu basicamente na especificação da função de preparador, a qual é responsável pelas movimentações dos ferramentais e sua preparação na área, isentando o operador da prensa de qualquer atividade “externa” ao equipamento. Ao término do lote, o operador da máquina sinaliza ao preparador, o qual também, é responsável pela substituição do ferramental na máquina.

Visando garantir ao preparador uma clara definição do sequenciamento de ferramentais a serem movimentados / preparados na área da prensa, foi estabelecido um rígido controle de planejamento da produção. Com ele, ferramentais análogos foram agregados em um mesmo pacote, evitando que grandes modificações de parâmetros de máquina fossem efetuadas, reduzindo ainda mais o tempo de troca de ferramenta e parametrização da máquina. Para alcançar tais resultados, foi estabelecido um cronograma diário de utilização das ferramentas, definido em função da complexidade de montagem do ferramental na máquina e também, pela disponibilidade de dois turnos de trabalho, conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1 – Planejamento da produção em função da classificação dos ferramentais.

| Classe dos ferramentais* | Horário de Execução** |
|--------------------------|-----------------------|
| Tipo 1                   | 07:00 – 11:00         |
| Tipo 2                   | 11:00 - 14:00         |
| Tipo 3                   | 14:00 – 16:00         |
| Tipo 4                   | 16-00 – 20:00         |
| Tipo 5                   | 20:00 – 01:00         |

## 2.2. Planejamento da produção e eliminação de estoques

A nova metodologia de planejamento diário possibilitou focar a produtividade da célula à necessidade eminente da célula seguinte, reduzindo, assim, significativamente o inventário em processo no âmbito intra e intercelular, conferindo também, ao fluxo produtivo um caráter “puxado” (*pull system*), ou ainda, JIT, que consiste na sincronização da produção com a demanda definida pelos clientes (DETTMER, 2005). De acordo com Corrêa & Corrêa (2006), o sistema JIT tem como objetivos operacionais fundamentais a qualidade e a flexibilidade. Segundo os autores, tais requisitos só podem ser alcançados, colocando duas metas de gestão acima de qualquer outra: melhoria contínua e eliminação de desperdícios. O foco nessas tarefas permite automaticamente alcançar efeitos imediatos, em eficiência, velocidade e confiabilidade do processo. A forma mais simples de se perseguir tais objetivos, ainda segundo Corrêa & Corrêa (2006), é por meio da eliminação gradativa de estoque, o qual tende a camuflar as limitações do processo produtivo. Essa filosofia confronta com a metodologia verificada, a algumas décadas, em que estoques eram gerados, no intuito de evitar discontinuidades no processo, geradas por problemas de qualidade (criando diversas etapas extras de retrabalho), problemas de quebra de máquina (que sem acompanhamento periódico impossibilitava qualquer diagnóstico rápido e preciso do dano) e, ainda, problemas de preparação de máquina, que em função de sua precariedade, demandava longos intervalos de tempo e deste modo, para serem viáveis economicamente, tinham que ser amortizadas em um grande lote de peças.

No intuito de eliminar os estoques, no processo em questão, estudos foram realizados, visando encontrar um número adequado, ponderando as necessidades do cliente em um período de alguns dias e a dificuldade (tempo) para preparação do ferramental associado a cada item no equipamento.

### 2.2.1. Gestão a vista

No cenário inicial desse trabalho tinha-se uma grande indefinição quanto à produtividade da área. Elevados tempos de *setup* associados a planejamento da produção deficiente (sistema empurrado sugerido via MRP) e escassez de métodos de monitoramento de produtividade, impossibilitaram a obtenção de informações referentes à real capacidade produtiva da área de trabalho. Nesse contexto, os planejadores da área alteraram a metodologia de definição de necessidades, combinando, a partir de agora, as sugestões do MRP e as necessidades informadas pelos planejadores da célula-cliente.

Tornou-se necessário também, a implantação de um método de gestão, que possibilitasse um acompanhamento detalhado do desempenho produtivo da célula. Assim, seria possível mapear a capacidade produtiva da célula e contextualizá-la com as demais áreas produtivas. A melhor forma encontrada para realizar tal monitoramento, foi por meio de um quadro de gestão à vista, tabela 2, que possibilitou enxergar, de modo claro e simplificado, a evolução produtiva diária da célula.

Tabela 2 – Quadro de gestão à vista para monitoramento da capacidade produtiva da área.

| CÉLULA DE CONFORMAÇÃO – QUADRO DE ACOMPANHAMENTO – DIA: 07/08/2008 |                  |           |                         |
|--|------------------|-----------|-------------------------|
| Ordem Planejada  | Quantidade Peças | Status    | Observação              |
| 44025864   | 20               | Fabricada |                         |
| 47562444   | 45               | Fabricada |                         |
| 45002683   | 30               | Fabricada |                         |
| 46138567   | 30               | Fabricada |                         |
| 48672625   | 20               | Fabricada |                         |
| 46850085   | 20               | Pendente  | Matéria-prima incorreta |
| 47696752   | 30               | Fabricada |                         |
| 44456210   | 35               | Fabricada |                         |
| 44865923   | 50               | Pendente  | Ferramental danificado  |
| 42225807   | 20               | Fabricada |                         |

Com o intuito de permitir também, um monitoramento bastante eficiente de pendências externas à célula, foi criado um segundo quadro, para relato de problemas e dificuldades da área, intitulado “O QUE ACONTECEU?” e exemplificado na tabela 3. Nesse quadro, responsáveis e ações em andamento podem ser facilmente identificados. Este foi o meio encontrado para definir um caminho direto entre a célula e as outras áreas (PCP, Processo, Manutenção e outros), permitindo rápida assimilação dos “devedores” para com suas pendências, tornando ágil a tomada de ação. Além disso, este quadro possibilita a visualização de pendências críticas, que prejudicam o desempenho da área. Deve-se ressaltar que o histórico de registros de acionamentos, no quadro “O QUE ACONTECEU?”, foi uma ferramenta muito importante para elaboração do TPM do equipamento, pois possibilitou verificar quais os componentes críticos, em termos de incidência de falhas, permitindo à equipe de Manutenção regular a quantidade de itens de reposição e, até mesmo, definir procedimentos de operação do equipamento, que garantissem melhor eficiência dos componentes em questão.

Tabela 3 – Quadro para gestão de pendências externas à célula.

| O QUE ACONTECEU? |                           |                     |  |
|------------------|---------------------------|---------------------|--|
| DATA             | PROBLEMA                  | RESPONSÁVEL         | STATUS                                     |
| 14/08/2008       | Bomba de óleo com defeito | Carlos (Manutenção) | Reparo em andamento<br>(Prazo: 17/08/2008) |
|                  |                           |                     |  |
|                  |                           |                     |  |
|                  |                           |                     |  |

Um terceiro quadro tornou-se necessário, no intuito de evidenciar a necessidade de produtos consumíveis, utilizados na área. Nesse quadro, baseado no conceito *kanban*, é apresentado um indicador de quantidade de cada produto na área, facilitando a identificação daqueles que necessitam de reposição. Esta metodologia possibilitou definir as responsabilidades entre as áreas de produção (os operadores apontam o que e quanto estão usando) e de apoio logístico (os quais identificam quedas nos estoques e providenciam reposição), impedindo que operadores se deslocassem na busca dos produtos consumíveis e tivessem suas atividades produtivas prejudicadas ou até mesmo interrompidas por falta dos mesmos.

Tabela 4 – Quadro *Kanban* para reposição de produtos consumíveis.

| KANBAN       |     | Quantidade   |  |  |  |
|--------------|-----|--------------|---|--|---|
| Lubrificante |     | 03 latas     | ■   |  |   |
| Lixa         | 150 | 03 caixas    | ■   |  |   |
|              | 100 | 03 caixas    | ■   |  |   |
|              | 80  | 03 caixas    |   | ■  |   |
| Removedores  |     | 100 unidades | ■   |  |   |

## 2.3. Layout e movimentação

Observando o cenário inicial do trabalho, verificou-se que o dimensionamento da célula, em questão, foi definido prioritariamente, em função da metodologia de produção empregada, ou seja, o desbalanceamento entre atividades, gerando grande quantidade de inventário em processo, exigiu que as áreas fossem maiores para abrigar as peças. As áreas maiores, por sua vez, distanciaram-se automaticamente uma das outras, gerando desperdícios associados à movimentação desnecessária de componentes e dos operadores.

Tendo implantado as ações para definir adequadamente o planejamento da produção, conforme apresentado no item 2.2, foi possível também, redimensionar as áreas reservadas a cada uma das atividades produtivas compreendidas na célula, aproximando-as. A eliminação de intensas movimentações de grandes componentes, que podem pesar até 60 quilos, reduziu, em larga escala, a submissão dos operadores a riscos ergonômicos. Além disso, a proximidade entre as atividades permitiu definir formas simplificadas de movimentação de componentes, que passou a ser feita por meio de carros transportadores. Assim, a necessidade de utilização de grande quantidade de material de embalagem e a necessidade de preparadores das peças para transporte foi eliminada.

## 3. RESULTADOS

### 3.1. Redução de *setup*

A criação da função de preparador possibilitou especificar adequadamente a função de cada operador na célula. Dessa forma, foi possível focar o operador responsável pela prensa, no desenvolvimento exclusivo de sua atividade (selecionar programa computacional, regular quantidade de lubrificante aplicado, verificar posicionamento da peça, por exemplo), enquanto, ao mesmo tempo, o abastecedor já atua na disponibilização de todo o aparato necessário à execução do próximo lote de peças. Na tabela 5, pode-se observar os benefícios resultantes dessa adequada divisão de tarefas.

Tabela 5 – Tempos de *setup*, em minutos, verificados no cenário inicial e metas estabelecidas em função das dimensões do ferramental.

|                      | Cenário Inicial | Meta | Resultado  |
|----------------------|-----------------|------|------------|
| Ferramentas pequenas | 10              | 7    | 6 (SMED)   |
| Ferramentas médias   | 13              | 9    | 8,5 (SMED) |
| Ferramentas grandes  | 22              | 15   | 12,5       |

Verifica-se que independentemente da característica do ferramental, o novo método de trabalho possibilitou alcançar as metas de redução de 30%, no tempo de preparação dos ferramentais. Em alguns casos, foi possível aperfeiçoar ainda mais essa marca, como no caso dos ferramentais pequenos, em que se alcançou uma redução de 40 % no tempo de *setup*. Nota-se que na troca de ferramentas pequenas e médias, já foi possível, durante a semana *kaizen*, atingir a marca SMED (*Single minute exchange die*), criada por Shigeo Shingo (1985) para definir tempos de troca de ferramenta, compostos por apenas um dígito numérico. No entanto, de acordo com McIntosh *et al* (2000), a consolidação dos valores SMED depende de ações efetivas de melhoria contínua, tanto para as atividades relativas ao *setup* externo quanto ao interno.

Nas figuras 1 e 2, são apresentados comparativos da quantidade de componentes fabricados e do número de trocas de ferramental, respectivamente, em um período de dez dias, verificados no cenário inicial e também, no período de dez seguintes ao início da atividade do operador preparador.

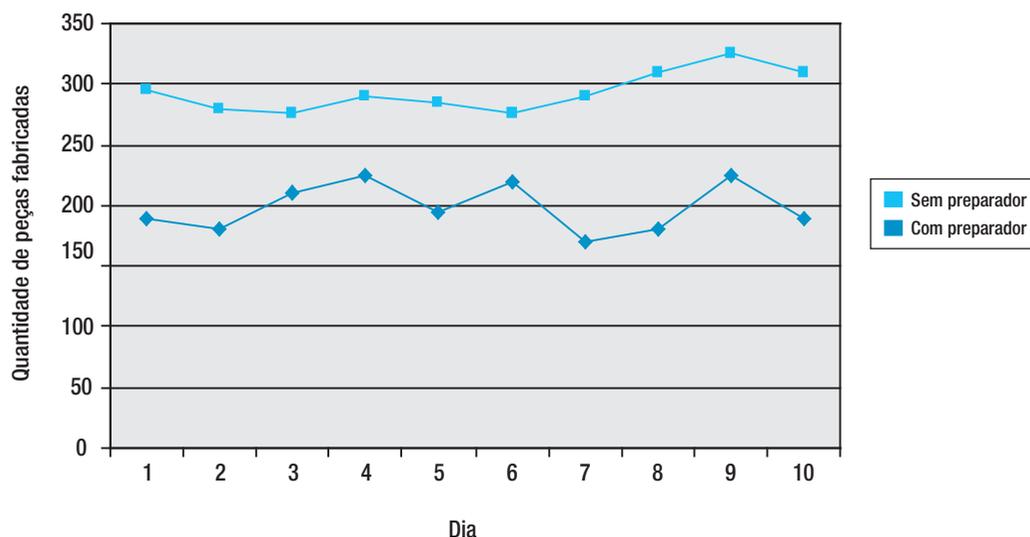


Figura 1 – Gráfico de acompanhamento do número de peças fabricadas em função do cargo de preparador.

Analisando-se o gráfico 1, pode-se observar um aumento aproximado de 200 para 300, no número de peças fabricadas, em um período de 10 dias, após a implantação da função de preparador, correspondendo a um aumento de cerca de 50% na produtividade da célula.

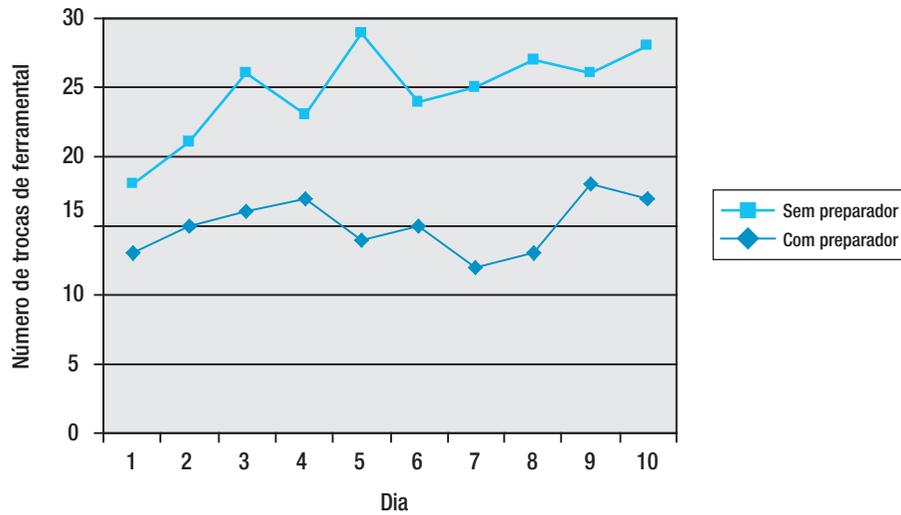


Figura 2 – Número de trocas de ferramental em função do cargo de preparador.

Analisando o gráfico 2, observa-se o ganho de flexibilidade produtiva adquirida pela célula, com a implantação do cargo de preparador, alcançando o satisfatório número de 25 trocas/dia contra 15 trocas/dia, observadas no cenário inicial. A simplificação e a agilidade no procedimento de troca de ferramental contribuem significativamente para a redução do número de peças, por lote, tendendo ao fluxo unitário recomendado pela filosofia *Just in time*.

### 3.2. Programação da produção

A programação da produção, baseada na necessidade instantânea do cliente, foi responsável por estabelecer um fluxo puxado, capaz de possibilitar uma redução significativa de inventário em processo. No cenário inicial, 2110 componentes compunham os estoques intermediários, no interior da célula, impedindo verificar quais eram as reais prioridades de fabricação e exigindo uma grande área para seu posicionamento. Apenas entre a prensa e ajustagem, eram estocados aproximadamente 1.000 componentes (figura 3). A readequação do processo produtivo na prensa e a simplificação dos processos de ajustagem e preparação para transporte possibilitaram, já nas primeiras semanas, após o estabelecimento de novas regras de programação, que o número de inventário, em processo, caísse em aproximadamente 65%, para menos de 700 componentes (figura 4).



Figura 3 – Fluxo empurrado e estoque em processo no cenário inicial do trabalho.

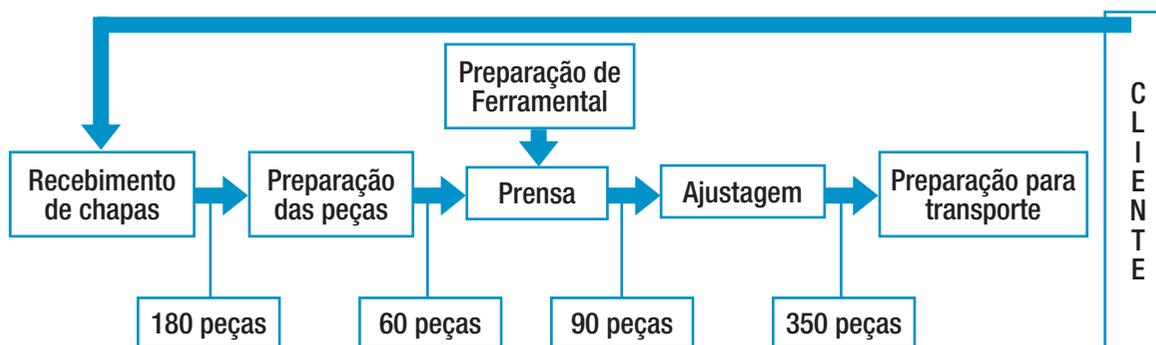


Figura 4 – Fluxo puxado e seu impacto na redução de inventário em processo.

### 3.3. Layout e movimentação

A redução do inventário, em processo, e a redefinição/padronização das atividades possibilitaram reduzir cerca de 60% da área ocupada pela célula. Dessa forma, um lote de peças, que no cenário inicial do trabalho percorria pouco menos de 2.000 metros no interior da célula, passou a percorrer aproximadamente 900 metros, garantindo um fluxo bastante contínuo em toda a área.

Para movimentação dos componentes, no novo fluxo, utilizou-se pequenos carros em que os componentes eram apoiados e guiados até a área de destino. Com eles, foi possível obter os seguintes resultados:

- Aumentar em 30% a velocidade de transporte dos componentes;
- Eliminar a ocorrência de lesões nos operadores, em função da movimentação de cargas elevadas;
- Eliminar a necessidade de vários operadores para manipulação de componentes críticos;
- Reduzir em 90% os danos nas peças, ocasionados durante a movimentação;
- Baixar para menos de 0,5 hora/dia o tempo gasto em retrabalhos, para eliminação de riscos e marcas nos componentes;
- Eliminar a utilização de embalagem individual de peças, extinguindo, por consequência, o consumo mensal de aproximadamente 10.000 metros quadrados de plástico de embalagem e de cerca de 2.000 metros de fita adesiva.

## 4. CONCLUSÃO

A implantação das diversas ferramentas de manufatura enxuta, por meio de uma semana *Kaizen*, possibilitou, já em sua fase inicial, obter melhorias significativas, em termos de redução de *setup*, em média 35% e aumento de cerca de 50% da capacidade produtiva da área.

Além disso, procedimentos adequados de planejamento da produção, introdução de metodologia puxada e gestão à vista garantiram redução de 65% no número de peças em processo, reduzindo, por consequência, 60% da área ocupada pela célula, além de possibilitar obter um maior controle da capacidade produtiva da área.

Aliados a estes fatores, estão os procedimentos de eliminação de desperdícios, que possibilitaram eliminar grande quantidade dos consumíveis empregados no processo, tornando-o mais simplificado e padronizado.

Assim, pode-se concluir que a semana *Kaizen* cumpriu seu papel de introduzir conceitos de manufatura enxuta; no entanto, contínuos esforços devem ser voltados à concretização e ao aprofundamento desses conceitos no processo em questão.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de Produção e Operações**. 2ª Edição. São Paulo: Editora Atlas, ISBN: 85-224-4212-6, 2006, 690p.

DETTMER, H. W. **Beyond Lean Manufacturing: Combining Lean and the Theory of Constraints for Higher Performance**, 2005. Acessado em 08/08/2008.

LEE, Q. **Implementing Lean Manufacturing: Imitation to Innovation**. Strategos Lean Briefing: The Newsletter of Lean Manufacturing & Factory Science, Kansas City MO, Dezembro, 2003.

LIKER, J. K. **The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer**. 1ª edição. Madison: Editora McGraw-Hill, ISBN: 00-713-9231-9, 2004, 352p.

McINTOSH, R.I.; *et.al.* A Critical evaluation of Shingo's SMED (Single Minute of Exchange of Die) methodology. **International Journal of Production Research**, London, UK, v. 38, nº. 11, 2000, p.2377-2396.

POPPENDIECK, M. **Principles of Lean Thinking**. Eden Prairie, MN: Poppendieck LLC, 2002.

SHINGO, S., **A revolution in Manufacturing: the SMED system**. Cambridge, MA: Productivity Press, 1985.

YALIN ENSTITU. **Lean Thinking Presentation**. Ancara, nov 2006. Disponível em: <[www.yalinenstitu.org.tr](http://www.yalinenstitu.org.tr)>, Acesso em: 22 ago. 2008.

