

INTRODUÇÃO DE CÉLULA PILOTO DE PRÉ-MONTAGEM PARALELA A LINHA DE PRODUÇÃO

Edson Manica

MBE Engenharia de produção e serviços

RESUMO

As variações de demanda do mercado e a competição mundial têm forçado as indústrias a manterem-se inovadoras em seus produtos, bem como em seus processos de manufatura. A otimização de recursos humanos e de materiais, dependem de estudos e estratégias no âmbito do ambiente produtivo, para a obtenção dos resultados planejados e necessários para a sobrevivência das companhias. Este projeto teve por objetivo a criação de uma área de pré-montagem, onde componentes do produto principal são pré-montados dando velocidade a linha de produção, reduzindo o tempo de ciclo e atendendo a demanda diária, com a entrega dos equipamentos dentro do *takt time* previsto. Com uma área de aproximadamente 25m² foi possível reduzir o tempo de processamento da linha de montagem em 41 minutos por máquina produzida.

Palavras chaves: Pré-montagem. *Takt time*. Tempo de ciclo. Manufatura.

ABSTRACT

The market demand fluctuations and global competition have forced the industry to remain innovative in their products and in their manufacturing processes . The optimization of human resources and materials, depends on studies and strategies within the productive environment for achieving the planned results and necessary for the survival of companies. This project aimed to create a pre-assembly area , where components of the main product are preassembled giving speed production line , reducing cycle time and attend the daily demand , with the delivery of equipment within the takt provided team. With an area of approximately 25m² was possible to reduce the time of assembly line processing in 41 minutes per machine produced.

Key words: Pre-assembly. *Takt time*. Cycle time. Manufacturing.

INTRODUÇÃO

Baixos custos produtivos e garantia de atender a toda demanda do mercado, gera a uma companhia, vantagem competitiva. Porter (1991) afirma que uma empresa obtém vantagem competitiva quando realiza atividades de relevância estratégica (atividades da cadeia de valores) de uma forma mais barata, ou melhor, que seus concorrentes.

Os clientes não devem arcar com os custos das perdas produtivas, como exemplos de perdas, estão as mais difundidas entre os pensadores da produção enxuta, como refugo, excesso de produção, espera por peças, transporte desnecessário, processamento desnecessário, estoques e excesso de movimentação dos operadores. Assim, estudos no âmbito operacional são necessários para atuar nestas perdas e chegar a soluções que assegurem a necessidade das companhias em atender fatores como, custo e prazo satisfatório aos clientes.

Excesso de pessoas, aliado a um baixo índice de produtividade, deixa de ser o foco de trabalhos de melhora do desempenho operacional no momento em que o fluxo produtivo passa a ser visto como um todo, este conhecido como fluxo de valor. Com a introdução do pensamento enxuto, identificar atividades que não agregam valor neste fluxo passa a ser primordial para sua posterior eliminação.

Com o objetivo de eliminar perdas produtivas na linha de montagem, o trabalho apresentado neste artigo atuou principalmente na identificação de atividades que ocasionavam paradas e esperas no fluxo produtivo (perdas). Estudos preliminares apontavam estes como principais agentes para o não atendimento das metas de produção traçadas.

Alguns conceitos e ferramentas oriundas do *Toyota Production System* (TPS) foram aplicados na busca por um processo produtivo mais enxuto. Entre eles o *just-in-time* (JIT), mapeamento do fluxo de valor, *takt time*, estudo dos tempos e movimentos e *layout* celular.

Para uma meta de 30 máquinas produzidas por dia, é necessário um *takt time* de 17 minutos, ou seja, a cada 17 minutos uma máquina deveria deixar a linha de produção pronta, disponível para atender o cliente. Com 4 linhas de produção dispostas na planta, definiu-se que, inicialmente, a cada 68 minutos no máximo,

sairiam 4 máquinas prontas do prédio da montagem, assim garantir-se-ia a demanda diária planejada de 30 máquinas dia.

Entre os conceitos do TPS para eliminação de desperdícios, *layout* celular ou célula de produção foi alvo de muito estudo e a principal metodologia a ser aplicada para a elaboração do projeto. Este modelo de *layout*, surgiu a partir da necessidade de flexibilizar o processo de fabricação do ponto de vista do fluxo de materiais e do ponto de vista operacional, buscando resultados positivos na eliminação de perdas e atendimento as demandas diárias.

Desta maneira, as células de manufatura podem ser consideradas como um modelo híbrido, capaz de absorver as melhores características de cada um dos demais tipos de arranjo físico existentes, segundo Lima (2011).

DESENVOLVIMENTO

Segundo Vakharia (1998), para introduzir células na manufatura, é necessário primeiro identificar partes e tipos de máquinas a serem consideradas na configuração celular. No caso de uma manufatura com operações por sua maioria manuais, deve-se definir quais componentes serão pré-montados nestas células que abastecerão a linha de produção principal, seguindo a puxada e o *takt time* da mesma.

Severiano (1999) define células de manufatura com sendo um novo paradigma de organização industrial, resultante da tentativa de se linearizar o fluxo de materiais num sistema de produção intermitente sem fluxo, no entanto sacrificar demais a flexibilidade inerente à organização funcional.

Rother e Harris (2002), de acordo com a teoria do pensamento enxuto, apresentam o seu conceito de célula: Uma célula é um arranjo de pessoas, máquinas, materiais e métodos, onde as etapas do processo estão próximas e ocorrem em ordem seqüencial, através das quais as partes são processadas em fluxo contínuo. Hyer e Brown (1999) propõem uma definição mais abrangente para o que denominaram célula real, determinando que uma célula de manufatura possui duas categorias gerais de características ou elementos de definição. O primeiro autor abrange a definição clássica, enquanto o segundo estende a definição além da abordagem de layout:

- Característica 1: a dedicação de equipamentos a uma família, de partes ou produtos que possuem especificações de processamento similares;
- Característica 2: a criação de um fluxo de trabalho onde as tarefas e os executores estão firmemente conectados em termos de tempo, espaço e informação, sendo:

- Tempo: os tempos de transferência e espera entre tarefas seqüencialmente dependentes são minimizados no ambiente da célula, tendo em vista que, numa situação ideal, não existem estoques intermediários ou, pelo menos, estoques de segurança são mantidos em níveis mínimos;

- Espaço: na célula, todas as tarefas na célula são executadas em proximidade física uma das outras, o que implica proximidade de equipamentos e operadores. Os operadores da célula devem estar próximos o suficiente, de forma a permitir a rápida transferência de materiais, visualizar cada componente, conversar, agir como equipe e resolver os problemas. A visualização de todas as atividades da célula é fundamental para facilitar a informação entre os operadores. A proximidade espacial permite às pessoas ver umas as outras, ouvir e se relacionar com o grupo;

- Informação: pessoas e máquinas responsáveis pelas atividades na célula têm acesso à completa informação sobre a disposição do trabalho. Essas informações incluem objetivos, situação dos pedidos, requerimento de manutenção de equipamentos, entre outras que apresentem relevância para a efetiva operação da célula.

As atividades a serem executadas nas células, podem ser definidas com a utilização do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), mapeamento de fluxo de valor é uma ferramenta que permite a análise das etapas que não agregam valor ao produto. Estas etapas, portanto, representam desperdícios que devem ser eliminados segundo FERRO (2010).

O MFV em particular é uma ferramenta bastante interessante e tem sido uma das mais utilizadas no universo de aplicações de produção enxuta de acordo com GHINATO (1996).

Esta ferramenta foi introduzida por Mike Rother e John Shook (2003), é um método de modelagem de empresas com um procedimento para construção de cenários de manufatura. Esta modelagem leva em consideração todo o fluxo de

materiais como o fluxo de informações e ajuda bastante no processo de visualização da situação atual e construção da situação futura.

O MFV foi desenvolvido para ser uma ferramenta de baixa tecnologia. O mapeamento é encorajado a ser feito com papel e lápis, apesar de já existirem softwares para isso. A razão disso é encorajar os usuários da ferramenta a andar através do fluxo de valor afirma POJASEK (2004)

Para comprovar a real necessidade de reduzir o tempo de atravessamento do produto na linha de produção, indicadores como, percentual de atendimento a programação e índice de horas extras realizadas no período podem ser utilizados como ferramenta de análise.

Para Slack, Chambers e Johnston (2002), linhas de montagem são um tipo especial de layout por produto: em geral, no seu sentido, o termo linha de montagem se refere a uma montagem progressiva ligada por algum dispositivo de manuseio de material.

O estudo das formas de layout produtivo e sistemas de produção mais adequados a indústria manufatureira é um processo de médio a longo prazo que quando introduzidos corretamente levam a companhia ao seu melhor desempenho produtivo com menores custos e índices de não conformidades, assim o atendimento as metas de produção é atingido.

O que é produção?

Produção é qualquer processo ou procedimento que tem por objetivo transformar matéria prima em produto acabado.

Segundo Mayer (1992), o conceito de produção varia de acordo com o ramo de atividade da empresa, pois em uma organização industrial, produção é a fabricação de um objeto material, mediante a utilização de homens, materiais e equipamentos. Em uma organização de serviços, produção é o desempenho de uma função que tenha alguma utilidade; esta função varia, desde o conserto de um automóvel até a prestação de assessoria jurídica.

Para Martins e Laugeni (2000), produção é entendida como o conjunto de atividades que levam à transformação de um bem tangível em um outro com maior utilidade, acompanha o homem desde a sua origem e a administração da produção está inter-relacionada com os outros setores funcionais da empresa e não é

independente da comercialização, das finanças e da administração de pessoal e, como resultado, não se pode dizer que ela começa em um determinado ponto e termina em outro.

Estas teorias orientam os estudos sobre produção desde os primórdios das atividades produtivas, onde as tarefas eram completamente manuais. Foi com a descoberta da máquina a vapor por James Watt em 1764, que a força humana foi substituída pela força da máquina. A partir de então, surgiram as primeiras fábricas, que eram grupos de artesãos que até então trabalhavam em suas próprias oficinas.

Com esta revolução do método de fabricação dos produtos, surgiram as seguintes exigências mencionadas por Martins, Laugeni (2000):

- Padronização dos produtos;
- Padronização dos processos de fabricação;
- Treinamento e habilitação da mão-de-obra direta;
- Criação e desenvolvimento dos quadros gerenciais e de supervisão;
- Desenvolvimento de técnicas de planejamento e controle da produção;
- Desenvolvimento de técnicas de planejamento e controle financeiro;
- Desenvolvimento de técnicas de vendas.

Com a necessidade de evoluir o processo produtivo, atender as demandas do mercado e aumentar a produtividade, estudos definem e diferenciam os sistemas de produção, que se encaixam nas organizações de acordo com seu método de trabalho, produto ou prestação de serviço.

Sistemas de produção.

Moreira (2000) menciona em suas publicações, que um sistema pode ser definido como um conjunto de elementos relacionados envolvidos na produção de bens.

Os sistemas de produção são exatamente isto, conjunto de elementos pertencentes a produção de um bem ou serviço que interligados entre si chegam a um resultado final. Também dizem respeito a definição do tipo de processo utilizado em manufatura de produtos, com características diferentes de volume e variedade.

Os processos que tem como resultado um produto, são chamados de processos de conversão, uma vez que mudam a estrutura, formato ou composição inicial da matéria-prima.

Existe um modelo genérico para descrever qualquer tipo de sistema de produção, que consiste em entradas, o processo de transformação em si e a saída. As entradas de um processo são divididas em dois tipos de recursos: os recursos transformadores e os de transformação. Os recursos a serem transformados são materiais, informações e consumidores. Os recursos de transformação são compostos por instalações e funcionários. As saídas são basicamente duas: fabricação ou manufatura de produtos, quando se trata de uma saída tangível, que pode ser estocada e transportada ou geração ou prestação de serviço, quando a saída é intangível, consumida simultaneamente com a sua produção, onde é indispensável a presença do consumidor e não pode ser estocada ou transportada.

Martins (2005) cita a importância de se entender a produção como um sistema inteiro e interdependente, que envolve entrada de insumos, transformação, saída de produtos e controle de resultados para manter a melhoria contínua do processo. Neste contexto, a natureza dos inputs e outputs torna-se fator determinante para a administração da produção.

Entre os sistemas de produção mais estudados por especialistas contemporâneos estão o sistema de produção empurrada e puxada, este último oriundo da filosofia *Toyota Production System- TPS*.

Produção puxada.

Slack, Chambers e Johnston (2008), estabelecem a programação puxada como sendo o primeiro marco significativo deste nível dada sua importância, segundo os autores a programação puxada alinha a realidade da produção à necessidade instantânea, ou seja a necessidade de produzir o componente certo, no lugar certo e na hora certa, visão compartilhada também por Womack (2007) e complementada por este, no sentido que isto não deve tomar tempo do cliente.

A programação puxada estabelece prioridade e prerrogativas de realização que culminam com a produção, ou seja, o nível anterior produz a exata medida da demanda para aquele momento específico, eliminando por completo os estoques em processo, distribuindo de forma homogênea a demanda da produção. Esta puxada pode ser seqüenciada por um método chamado Kanban de produção. Slack, Chambers e Johnston (2008), define o kanban, como sendo o método de operacionalizar o sistema de planejamento e controle puxado, um suporte intrínseco

a produção puxada. Os mais comuns são os cartões para retirada, operação ou transporte, podem também serem números sinalizadores, derivados do modelo japonês andon.



Fig. 1: Sistema de produção puxado

Fonte: www.qualidadeprodutividade.blogspot.com.br

Acessado em 23 de Setembro de 2015

Dentro do universo enxuto, como método de planejamento e controle, *Heijunka* é a palavra japonesa utilizada para o nivelamento. Slack, Chambers e Johnston (2008), estabelece que a diferença fundamental entre a programação convencional e a programação puxada está na distribuição das tarefas, enquanto a convencional distribui as tarefas pontualmente ao longo da realização, a programação puxada distribui as mesmas de maneira constante.

Shingo, (1997) estabelece três princípios básicos para a programação puxada: reduzir o tamanho dos lotes, aumentar a frequência de entrega e nivelar o fluxo da entrega.

Produção empurrada.

Gstettner e Kuhn (1996) dizem que sistemas empurrados de produção são sistemas onde a produção é controlada por um sistema central de planejamento que considera previsões como futuras demandas ou ainda, segundo Spearman, Woodruff e Hopp (1990), são sistemas onde as etapas da produção são programadas. De acordo com Huang, Wang e IP (1998), em um sistema empurrado, uma operação anterior do processo de produção produz sua parte sem esperar a requisição da operação imediatamente posterior.

Segundo Bonney (1999), o sistema empurra a produção quando o fluxo de materiais tem a mesma direção do fluxo de informação. Assim, apesar de diversos autores descreverem sistemas empurrados sob diferentes aspectos, Huang, Wang e IP (1998) consideram que os sistemas empurrados são em geral reconhecidos por

operarem por lançamento de material no sistema, ou seja, um sistema de produção empurrada opera lançando o material necessário para a primeira operação de acordo com a previsão de demanda, em seguida o produto semi-acabado é lançado para a próxima etapa sem que haja uma requisição por parte desta, isto é, os materiais são empurrados ao longo do processo produtivo.



Fig. 2: Sistema de produção empurrado

Fonte: www.qualidadeprodutividade.blogspot.com.br

Acessado em 23 de Setembro de 2015

Vários métodos tem sido propostos para a implementação dos sistemas de produção empurrada. Os métodos mais conhecidos para a implementação são os softwares MRP (Material Requirements Planning, ou cálculo das necessidades de materiais) e MRP II (Manufacturing Resources Planning, ou planejamento dos recursos de manufatura). Estes sistemas são os Sistemas de Administração da Produção (SAP) de grande porte que tiveram grande aceitação em várias empresas do mundo desde os anos 70 afirmam Corrêa e Gianesi (1993).

Entre os dois sistemas de produção apresentados, o sistema puxado tem sido alvo de estudos por organizações dos mais variados segmentos produtivos ao redor do mundo, devido aos baixos níveis de estoque em processo (Work in process) e principalmente pela redução do *takt* time de produção, tornando a companhia mais dinâmica as variações da demanda.

Takt Time.

O *takt time* corresponde ao ritmo de produção necessário para atender a demanda (a palavra alemã *takt* corresponde ao ritmo musical), ou seja, o tempo de produção que têm-se disponível pelo número de unidades a serem produzidas em função da demanda. Taiichi Ohno apud Alvarez e Antunes Jr. (2001) define o *takt*

takt time como o resultado da divisão do tempo diário de operação pelo número de peças requeridas por dia, conforme mostra a figura 3.

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tempo efetivo de op. diária}}{\text{Prod. diária necessária}} = \frac{28.800 \text{ s/dia}}{285 \text{ pç/dia}}$$

$$\text{Takt Time} = 101 \text{ s/peça}$$

Fig. 3: Fórmula Takt time

Fonte: Alvarez e Antunes Jr, 2001

O cálculo o *takt time* deve considerar um determinado produto a ser produzido em um tempo disponível de produção (tempo disponível = tempo total – paradas programadas), ou seja, se, por exemplo, temos 28.800 segundos de tempo disponível para produzirmos 285 unidades diárias (conforme demanda programada); o *takt time* será o tempo obtido pela divisão de 28.800 segundos pelo número de 285 unidades, que corresponde a 101 segundos para cada unidade produzida.

É importante, sempre que se pensar em *takt time*, considerar a capacidade de produção.

Para Taiichi Ohno apud Alvarez e Antunes Jr. (2001), a produção em intervalos regulares, num ritmo constante de produção, dá uma maior visibilidade ao fluxo dos materiais e aos problemas ocorridos. Complementando, pode-se afirmar que esta técnica aumenta a flexibilidade da produção diante de pequenas alterações nos pedidos de venda. Para tal, basta ajustar o tempo de ciclo ao novo *takt-time* modificado pela variação da demanda.

O *takt time* tem estreita relação com a qualidade, pois as instruções de trabalho são elaboradas de tal forma que compreendam a solução imediata de defeitos que ocorram no processo. Caso o tempo de conserto seja superior ao *takt time*, o produto é retirado da linha e retrabalhado ou verificado em um posto “scrap” (sucata). Estas rupturas necessitam ser estudadas para serem melhoradas (ou minimizadas) a fim de criar um fluxo homogêneo e contínuo de fabricação.

Redução do Takt time.

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

A imposição de um ritmo mais acelerado (diminuição do *takt-time*) serve para destacar as operações e os equipamentos que restringem a capacidade de produção. Esse tensionamento pode ser entendido como elemento indutor e direcionador da realização de melhorias, de acordo com Alvarez e Antunes Jr (2001).

Caso a capacidade de uma linha ou célula não seja suficiente, identifica-se a operação que define o tempo de ciclo (gargalo) e concentra-se a atenção na sua melhoria. Essa será a operação para a qual deverão ser canalizadas as atenções de engenheiros, supervisores e grupos kaizen. Nesse caso, a lógica de melhorias localizadas, em uma determinada operação, pode ser concretamente direcionada à Função Processo.

Com a operação gargalo definida, inicia-se o estudo para redução do seu tempo de processamento. Quando melhorias nesta operação não são viáveis dentro da linha de produção, pode optar-se por aumentar o número de operadores que executam esta atividade (o que não é nada produtivo e sensato do ponto de vista da manufatura enxuta), executar maior parte da atividade ou então fazê-la por completo em uma área de pré-montagem que abastece a linha principal.

Estudos dirigidos mostram a viabilidade de implementar as células de pré-montagem, e o ganho real em redução do *takt time* dentro da linha de produção.

Células de Pré-Montagem.

Diante de algumas definições, é possível observar que existem várias formas de expressar o conceito de células de produção, para este trabalho definiu-se o conceito próprio de que “célula de produção é o arranjo de pessoas e equipamentos para fabricação de componentes específicos que serão fornecidos a manufatura”.

A abordagem de Severiano (1999) indica justamente essa idéia, definindo a manufatura celular, como um grupo ou coleção de máquinas, projetadas e organizadas para produzirem um grupo específico de peças, componentes ou produtos, acabados ou não. A mesma abordagem aponta ainda a idéia de que não existe uma teoria de base para o desenho ou projeto do sistema celular, mas apenas

algumas poucas e específicas regras. Deste modo, são representadas três fases específicas no processo de implementação do sistema celular, quais sejam:

- Forma das células;
- Definição do layout celular;
- Programação das tarefas relacionadas as células.

Os objetivos de qualquer arranjo físico dependem das metas estratégicas de cada operação, mas existem alguns objetivos gerais que são relevantes a todas as operações segundo Slack, Jhonston e Chambers (2009):

- Segurança inerente – Todos os processos que representem algum tipo de perigo, tanto para mão-de-obra como para clientes, devem ter acesso apenas a pessoas autorizadas. As saídas de emergências devem ser claramente sinalizadas e com acesso livre.
- Extensão de fluxo – O fluxo de materiais, informações e clientes, deve ser organizado pelo arranjo físico, de modo a atender aos objetivos da operação.
- Clareza de fluxo – Todo fluxo de materiais e clientes deve ser sinalizado de maneira clara e evidente para funcionários e clientes.
- Conforto para os funcionários – Os funcionários devem ser alocados longe das partes barulhentas ou desagradáveis da operação. O arranjo físico deve proporcionar um ambiente de trabalho ventilado, bem iluminado e, sempre que possível, agradável.
- Coordenação gerencial – Supervisão e comunicação devem ser facilitadas pela alocação dos funcionários e por dispositivos de comunicação.
- Acessibilidade – Todas as máquinas, instalações e equipamentos devem apresentar fácil acesso para limpeza e manutenção adequadas.
- Uso do espaço – Todos os arranjos físicos devem permitir uso adequado de espaço disponível para cada operação. Ou seja, minimizar o espaço utilizado para uso específico.
- Flexibilidade de longo prazo – Os arranjos físicos devem ser reestruturados periodicamente á medida que as necessidades da operação mudam. Um bom arranjo físico pode ser concebido com possíveis necessidades futuras da operação já em mente.

Visto as menções no parágrafo acima, pode-se resumir que a proposta de arranjo físico é visualizada e dimensionada com a definição dos produtos e do fluxo

a serem produzidos nesta área. Neste ponto, é também importante a correta definição dos equipamentos atuais e de futuros investimentos afim de preparar a área para comportá-los.

Equipamentos nas células de pré-montagem.

O tamanho da célula de pré-montagem de acordo com Lorini (1993), é medido pelo número de processos ou de máquinas que serão alocados na mesma. Este parâmetro deve ser controlado por varias razões, entre elas estão:

- A limitação do espaço físico disponível;
- O tipo de sistema de movimentação desejado;
- O tamanho dos lotes de fabricação;
- O número de operações integradas a cada célula, com objetivo de facilitar a supervisão, através do seqüenciamento e visão adequada do conjunto.

Moreira (2008) elenca quatro diferentes tipos de células de acordo com o número de máquinas e o grau no qual o fluxo entre elas é mecanizado.

- I. Célula com uma só máquina: faz uma ou mais família de peças, mas opera com apenas uma máquina mais seus acessórios e ferramentas;
- II. Célula com várias máquinas e movimentação manual: opera com mais de uma máquina, mas o manuseio de material é feito pelos operadores da máquina;
- III. Célula com várias máquinas e manuseio semi-integrado: similar ao anterior, porém com movimentação de materiais por sistema mecanizado;
- IV. Sistema de Manufatura Flexível (SMF): Opera com sistema totalmente automatizado, combinando centros de processamento automatizados com um sistema de manuseio de materiais inteiramente integrado.

A confiabilidade nos equipamentos da célula precisa ser altíssima, uma falha ou quebra de equipamento leva a falta de componentes pré-montados na linha de produção principal, por conseqüência, atraso nas entregas da programação diária. A equipe de manutenção da companhia deve participar do trabalho de implementação das células, afim de conhecer o fluxo de produção desenhado e gerar os planos de manutenção preventiva dos equipamentos.

Os operadores das células são responsáveis pela manutenção e ajuste diário dos equipamentos, seguindo o conceito de manutenção autônoma que visa reduzir o número de intervenções da equipe de manutenção para reparos corretivos.

Os operadores das células de pré-montagem.

O trabalho todo na célula de pré-montagem é realizado por uma equipe fixa, que é instruída para realizar suas atividades de forma unida e coesa, na qual cada integrante tenha familiaridade e esteja de fato integrado com todos os itens que fazem parte global do processo.

Num sistema de células, é extremamente necessária a capacitação de todos os trabalhadores para que possam executar todas as atividades envolvidas na área. A equipe deve estar preparada para enfrentamento de situações adversas, como ausência algum dos integrantes ou ainda enfrentar as flutuações do processo que influenciam na demanda de necessidade do produto.

A produção enxuta emprega trabalhadores multiquificados em todos os níveis da organização, nas células não poderia ser diferente, pois no mesmo ambiente de trabalho os operadores executam atividades totalmente manuais, além de operarem máquinas que atendam com velocidade a demanda de produção, produzindo volumes de produtos de ampla variedade. Este estado enxuto é responsável pela eliminação de desperdícios nas operações, reduzindo o custo total de material e esforço humano, segundo Womack, Jones e Roos (1992).

De acordo com Ohno (1997), para utilizar a mão de obra de forma eficiente e alcançar seus objetivos a Toyota adotou a organização do trabalho em grupo. Para isto, utilizou-se de treinamento constante para ampliar a capacidade e o conhecimento de seus colaboradores.

Além disso, fez uso intensivo da racionalização do trabalho com estudos de tempos e de movimentos, garantindo o nivelamento das operações e a Constancia na entrega dos materiais produzidos na célula. Os operadores passaram a dominar todo o trabalho do grupo e assim podiam se revezar entre postos quando necessário, além de cooperarem para alcançar as metas.

Ainda de acordo com Ohno (1997), a multifuncionalidade dos trabalhadores permitia o revezamento entre os postos de trabalho o que economizava mão de obra, reduzindo custos. Além disso, representou um aumento de produção, pois, a implantação do grupo multifuncional reduzia os gargalos na produção, na medida em que favorecia uma maior comunicação no chão de fábrica. Este novo modelo tornou-se um forte elemento motivador para os operadores, dando-lhes maior satisfação no trabalho.

Nas células com o balanceamento das operações e a multifuncionalidade dos operadores, também foram definidos padrões para o cumprimento de tarefas procurando manter uma forma única de execução, garantindo a padronização e qualidade das montagens.

Documentação padrão das células de pré-montagem.

A definição de padrões operacionais tem sido muito utilizada na indústria como complemento a capacitação dada aos operadores.

Prado (2000) define o procedimento operacional padrão como um documento escrito com o objetivo de unificar e simplificar o trabalho. Pode ser representado por fluxograma, texto, figura, etc. Ele deve ser produzido de uma maneira condensada, com a participação de todos os envolvidos. De acordo com Taiichi Ohno apud Alvarez e Antunes Jr. (2001), um procedimento operacional deve ser construído por 3 ou 4 operadores detentores do conhecimento da operação.

Os padrões da célula de montagem podem ser desenvolvidos com base nos indicadores de retrabalho da área de qualidade, reuniões com os operadores da célula e verificações do produto durante a montagem. Todas as montagens sujeitas a variação devem ser documentadas e os operadores treinados.

Campos (2004), em geral, orienta que a construção de um procedimento operacional padrão é válido não só para as áreas de produção ou manutenção, mas também para áreas administrativas, ou seja, é válido para todos. Somente os passos crítico são necessários para obter resultados e que só se padroniza o que é necessário para garantir o certo. A criação de um modelo parte do princípio de verificação das atuais condições do operador.

As pesquisas para o desenvolvimento deste trabalho foram realizadas através do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) na linha de produção e em indicadores de planejamento e controle de produção, como o índice de assertividade da data de pronto, que mede se o equipamento foi concluído na data acordada com o cliente.

O levantamento de Informações como tempo de processamento das operações, atividades que agregam ou não agregam valor ao produto e observações dos movimentos foram realizadas pelos operadores designados a operarem a célula, pelo engenheiro de processos da área e pelo supervisor da produção.

Por quatro semanas em cada uma das etapas do processo, ocorreram as medições, desta forma, foi possível separar as atividades que poderiam ser antecipadas, ou seja, componentes que poderiam ser pré-montados fora da linha de produção, em célula específica de montagem.

O grupo se reuniu diariamente para troca de informações e definir as prioridades da implantação.

Resultados e Discussões

O processo de montagem dos equipamentos deste estudo é feito em 4 linhas de produção distintas, todas com o mesmo conceito de produção, porém com operações com tempo de processamento com amplitudes muito grandes devido a variação do tamanho das máquinas planejadas para o dia, o que gera gargalo e falta de fluxo na operação.

Os processos na sua maioria são manuais e algumas atividades são mecanizadas. Os equipamentos necessários também são manuais, tais como parafusadeiras, chaves de impacto e furadeiras.

Os insumos utilizados na produção são abastecidos em kits específicos para cada tipo de produto, este kit é composto de várias peças pequenas que são inseridas no conjunto do motor ou montadas entre si para formar um semi-acabado.

Com o estudo dos tempos e movimentos em mãos e as análises validadas mediante consulta a bibliografia técnica, pode-se iniciar o desenho da célula de pré-montagem. O desafio foi alocar toda a estrutura necessária dentro da área disponibilizada, diversos arranjos foram simulados até encontrar um *layout* que comportasse todos os equipamentos e *kanbans* necessários para a produção e que houvesse fluxo. Buscava-se não ocupar 100% da área, para futuramente introduzir novas operações nesta mesma área física. Durante o processo de desenho do *layout*, os operadores da área foram consultados sobre as decisões tomadas, esta visão de quem produz no chão de fábrica é fundamental para o andamento da célula.

As principais dificuldades encontradas durante a implantação foram:

- Convencer a equipe a mudar para a célula;
- Dimensionar *kanbans*;
- Adaptação do ferramental;

- Abastecimento do semi acabado na linha de produção;
- Instruir operadores nos conceitos de produção enxuta;
- Balanceamento e mudança de ordem das operações.

A maior dificuldade envolveu ordens de produção e abastecimento de *kanbans*, devido a serem ações que dependem de outros departamentos para serem executadas.

Com frequência, se tem muita morosidade em ajustar sistemas de produção eletrônicos, o departamento de Planejamento e Controle de Produção (PCP) é fundamental para o correto seqüenciamento dos componentes produzidos na célula. As ordens de produção devem ser liberadas no momento correto, ou seja, antes do equipamento entrar na linha de produção. A falta de seqüenciamento gera desabastecimento na linha principal e atraso na produção diária.

O sistema de abastecimento dos *kanbans* da célula era falho, mesmo com inúmeras reuniões antes da implementação, a alternativa foi adotar um sistema de sinalização *kanban* direto na porta do almoxarifado, onde não seria possível passar despercebida a necessidade do material.

Com os devidos ajustes, toda a operação da célula ganhou continuidade e pode-se introduzir mais uma pré-montagem de componente. A luva de acoplamento é montada em apenas 6% das máquinas produzidas, mas aumenta em 45 minutos o tempo de processamento, gerando atraso na entrega da produção diária.

Os componentes montados na célula de pré-montagem ficam em um dispositivo na borda da linha no ponto de uso do operador de produção. Antes da célula, os operadores faziam um grande deslocamento dentro da área para buscar os materiais necessários para as montagens, devido ao *layout* desfavorável e grande quantidade de componentes utilizados.

Os ganhos com a implantação da célula são notáveis, como redução do tempo de processamento das linhas principais, divisão da carga de trabalho dos operadores, além dos ganhos não mensuráveis como padronização, qualidade das montagens e satisfação dos operadores.

Apresentação dos resultados.

Com a implantação, o fluxo de produção tornou-se contínuo. As operações das linhas principais tiveram seu tempo de processamento reduzido devido a operação das células.

Alguns resultados esperados foram observados com a introdução das células, como o atendimento ao *takt time* de produção, que no cenário atual fixa-se na faixa de 17 minutos, operando com 4 linhas de produção, consegue-se que a cada 68 minutos 4 máquinas saiam prontas para a expedição, assim é possível entregar a demanda de 30 máquinas por dia em uma jornada de trabalho com 528 minutos disponíveis.

Na figura 4, verifica-se o deslocamento executado pelos operadores da linha de montagem antes da implantação do projeto.

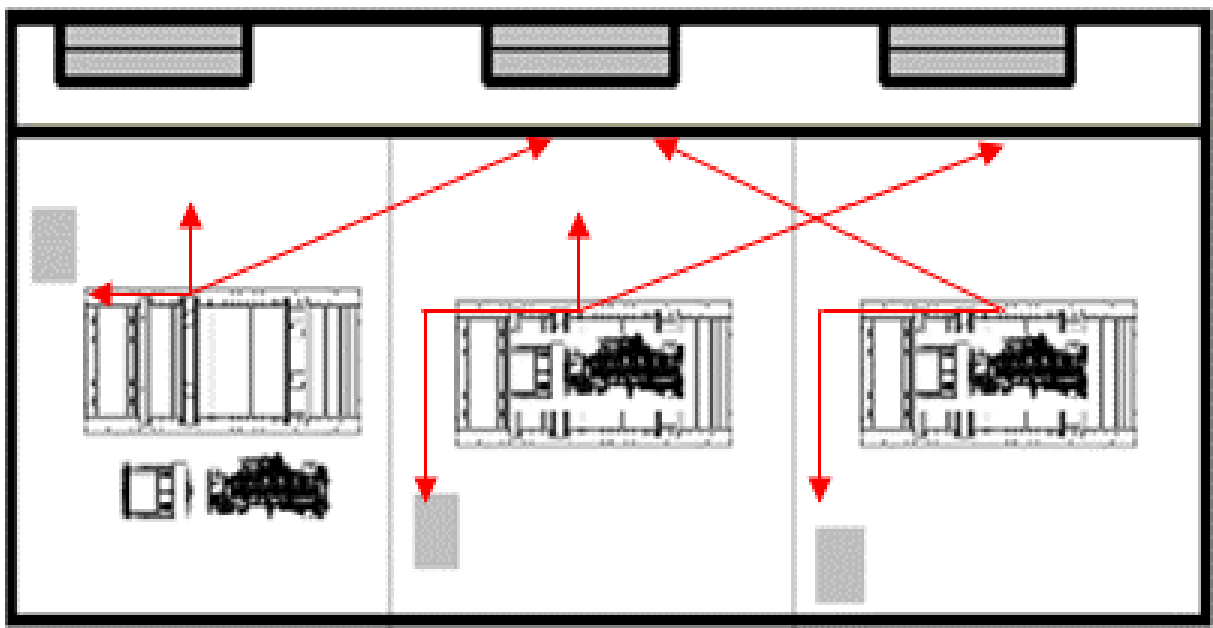


Fig. 4: Deslocamento do operador na linha principal antes da célula

Fonte: Elaborado pelo autor

Com movimentação dentro da área, o operador perdia em média 10,4 minutos por máquina montada além do tempo de processamento. Durante a produção ocorriam paradas na montagem devido a peças fora de especificação encontradas nos *kanbans*.

Na figura 5, é mostrada a redução nas movimentações dentro da linha de montagem, o deslocamento do operador é o mínimo necessário para ter acesso aos componentes utilizados nas máquinas a serem montadas.

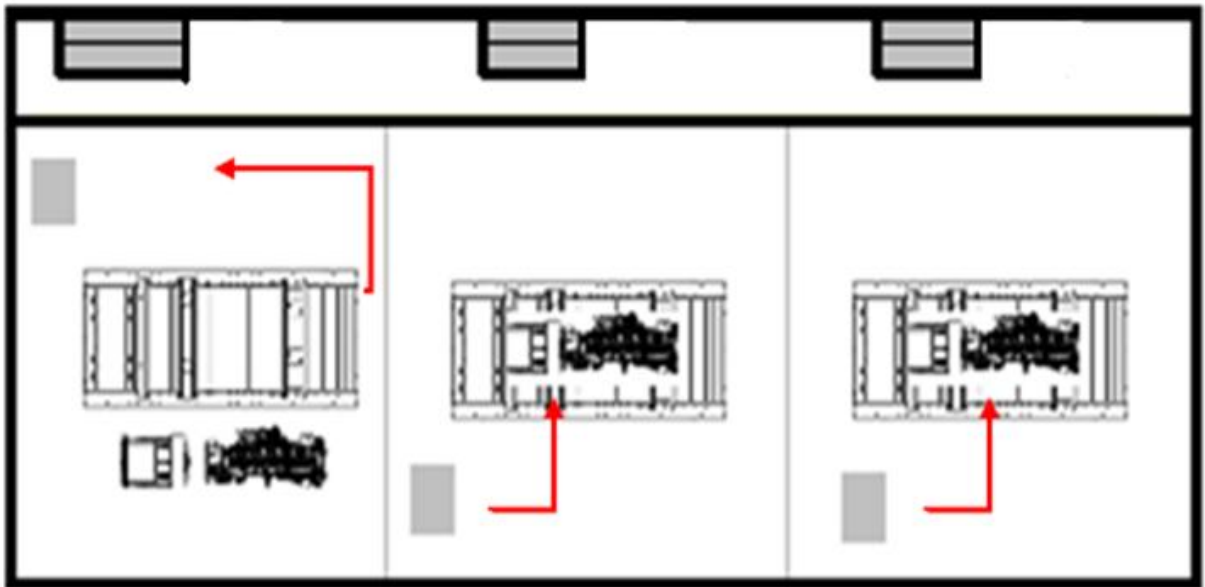


Fig. 5: Deslocamento do operador na linha principal após a implantação da célula

Fonte: Elaborado pelo autor

Com a célula (figura 6), possíveis não conformidades são identificadas com antecedência não prejudicando o fluxo da linha de produção. Os *kanbans* ficam disponíveis e próximos ao ponto de uso dos materiais, o fluxo dos componentes pré-montados anda em direção ao fluxo da linha de montagem principal. O sistema diesel pode agora ser testado antes de ser montado, eliminando retrabalhos durante o teste de funcionamento das máquinas.

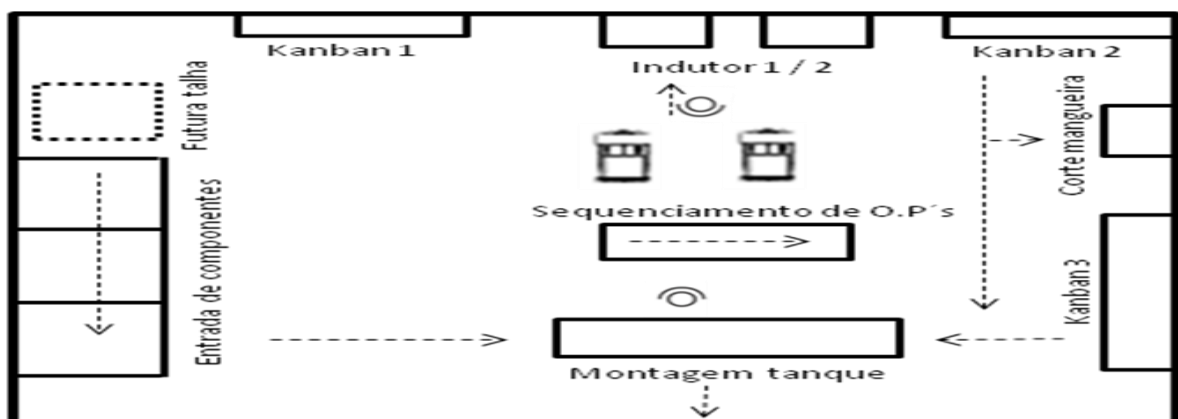


Figura 6: Célula de pré-montagem

Fonte: Elaborado pelo autor

Comparando-se os tempos de montagem entre célula de pré-montagem e linha principal, conforme Quadro 1, observa-se que na célula o tempo de

processamento é inferior e há menos desperdícios, devido a proximidade dos componentes, *layout* estudado para a operação e especialização dos operadores.

Operação:	Local de Montagem	
	Tempo de processamento na área de pré-montagem	Tempo de processamento na linha de produção
Montagem do tanque	8min.	22min.
Sistema de diesel	2min.	6min.
Luva de acoplamento (6% da produção diária)	30min.	45min.
Sistema pré-aquecimento	10min.	18min.
Comparativo:	50min.	91min.
REDUÇÃO:	41min.	

Quadro 1: Comparativo tempo de processamento.

Fonte: Elaborado pelo autor

Com as atividades transferidas para a célula de pré-montagem, o tempo de atravessamento da linha principal passou a atender o *takt time* de produção conforme o Quadro 2.

Demonstrativo:	Tempo disponível por dia	Tempo de Atravessamento	Operação Gargalo	Produção Planejada	Takt Time (necessário)	Produção por linha (máquinas)	Produção x 4 linhas	Takt Time (atingido)
Antes	528min.	215min.	85min.	30máq./dia	17,6min.	6,21	24,8	21,26min.
Pré-montagem	528min.	174min.	65min.	30máq./dia	17,6min.	8,12	32,5	16,5min.

Quadro 2: Demonstrativo atendimento a programação.

Fonte: Elaborado pelo autor

Com a eliminação de 41 minutos das operações realizadas dentro da linha principal, foi possível garantir um ritmo de produção que atendesse a demanda diária e garantisse o atendimento das datas acordadas com os clientes, gerando maior capacidade produtiva e satisfação no clima interno.

O fluxo produtivo pouca alteração sofreu, o ganho real deu-se com a redução dos tempos de operação devido a implantação da célula de pré-montagem conforme as Imagens 6 e 7.

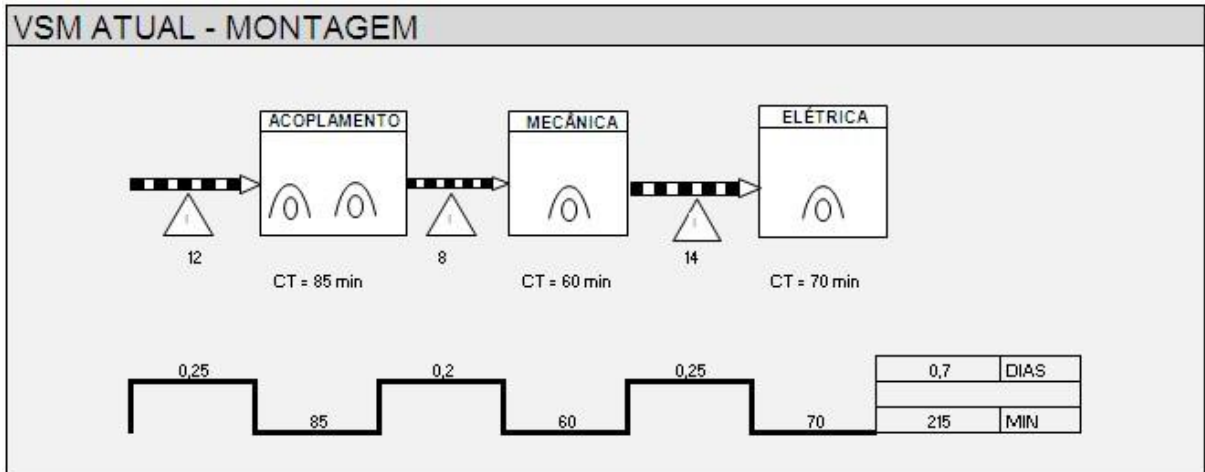


Imagem 6: VSM atual (antes da implantação).

Fonte: Elaborado pelo autor

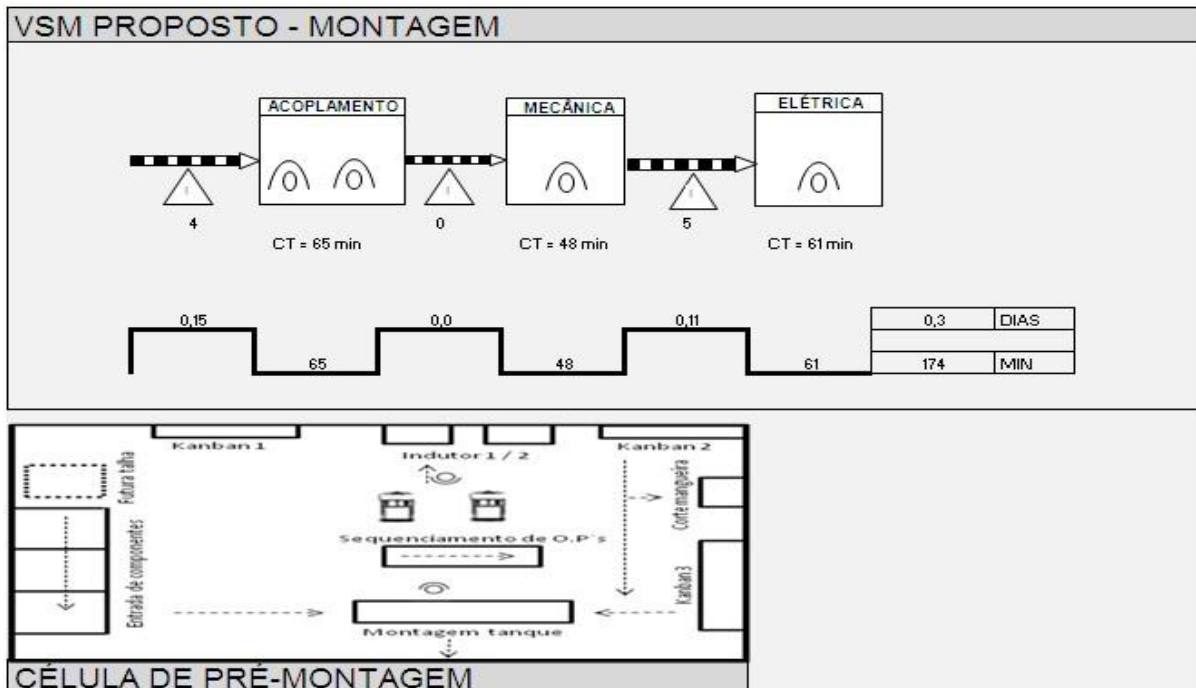


Imagem 7: VSM proposto (proposta de implantação).

Fonte: Elaborado pelo autor

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção celular é muito utilizada nas indústrias de manufatura, mas não é exclusiva das mesmas. Observou-se na literatura diversas formas de organizar um *layout* celular, como por processo ou produto. A literatura disponível é extensa e completa, para o projeto o foco foi a redução de operações na linha de produção.

A decisão de transferir algumas montagens para a célula foi acertada. É possível verificar a redução no tempo de montagem da máquina na linha de produção e assim garantir o atendimento da programação diária que é fixada em 30 máquinas/dia.

Com a implantação foi possível constatar a melhora na motivação da equipe, devido à melhor divisão da carga de trabalho e a satisfação em atender á demanda de produção.

Estudos preliminares já apontavam para os ganhos do projeto devido a utilização de forma bem sucedida destes conceitos por outras empresas. Para os próximos desenvolvimentos envolvendo células, é sugerido que as pesquisas sejam feitas em companhias do mesmo segmento de mercado, a fim de observar as etapas do projeto e reduzir o tempo e as dificuldades no desenvolvimento do trabalho, comparando com este estudo.

Na mesma medida que este assunto é complexo devido as suas inúmeras possibilidades de desdobramento, sua aplicação torna-se relativamente viável quando se tem dados de onde a empresa encontra-se e aonde quer chegar com o projeto.

REFERENCIAS

ALVAREZ, R. d. R. **Takt-Time: Conceitos e Contextualização Dentro do Sistema Toyota de Produção. Gestão e Produção.** Rio de Janeiro – RJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). 2001.

ALVAREZ, R. R.; ANTUNES JR., J. A. V. **Takt time: contexto e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção.** Revista Gestão & Produção, ABRIL. 2001.

BONNEY, M. C. **Are push and pull systems really so different?** International Journal of Production Economics.1999.

CAMPOS, Vicente Falconi. **Gerenciamento da Rotina do Trabalho do Dia-a-dia.** Nova Lima: INDG Tecnologia, 2004.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N: **Just in Time, MRP II e OPT – Um enfoque estratégico.** Ed. Atlas SA, São Paulo, 1993.

DAVIS, MARK M. **Fundamentos da administração da produção.** 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

DAVIS, M. M.; AQUILANO N. J.; CHASE R. B. **Fundamentos da administração da produção.** 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

FERRO, J. R. A **Essência da Ferramenta “Mapeamento do Fluxo de Valor”.** Lean Institute Brasil, 2005, Disponível em: https://www.lean.org.br/download/artigo_07.pdf. Acesso em 20/09/2015.

GSTETTNER, S.; KUHN, H. **Analysis of production control systems kanban and CONWIP.**International Journal of Production Research. 1996.

GHINATO,Paulo. **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente Just-in-time.** 1.ed. Caxias do Sul: EDUSC,1996

HYER, N. L.; BROWN, K,A. **The discipline of real cells.** Journal pf Operations Management, V.17, 1999, p. 557-574.

HUANG, M.; WANG, C.; IP, W. H: **Simulation and comparative study of the CONWIP, Kanban and MRP production control systems in a cold roll** Production Planning and Control. 1998.

IWAYAMA, H. **Basic Concept of Just-in-time System,** mimeo, IBQP-PR, Curitiba, PR, 1997.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIMA, O.F. **Implantação de layout celular na montagem de cadernos em uma indústria do setor gráfico**. ENEGEP, 2011.

LORINI, F. J. **Tecnologia de grupo e organização da manufatura**. Florianópolis: UFSC, 1993.

MAYER, R. E. **Thinking, problem solving, cognition**. New York: W. H. Freeman Company, 1992.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 2000.

MARTINS, Petrônio Garcia. **Administração da Produção**. 2. ed. rev., aum. e atual. São Paulo: Saraiva, 2005.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. 5 Ed. São Paulo: Pioneira, 2000.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. 2. Ed. São Paulo. Cengage Learning, 2008.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Trad. SCHUMACHER, Cristina – Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

POJASEK, Robert B. **Mapping information flow the production process**. Environmental Quality Manager. South Carolina, vol. 13, n.3; p.89, mar-mai, 2004

PORTER, M. **Vantagem Competitiva: criando e sustentando um desempenho superior**. Rio de Janeiro: Campos, 1991

PRADO, Darci Santos do. **Gerenciamento de projetos nas organizações**
Horizonte, MG: Ed. De Desenvolvimento Gerencial, 2000.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando fluxo contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção**, São Paulo: The lean Enterprise Institute, 2002.

ROTHER, Mike; SHOOK, John. **Aprendendo a enxergar – mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003

SAMPAIO, M. P. **A Engenharia de Produção frente ao novo contexto de desenvolvimento sustentável do Nordeste: coadjuvante ou protagonista?**
Mossoró, Junho de 2012.

SEVERIANO FILHO, C. **Produtividade e Manufatura Avançada**. Edições PPGEF. João Pessoa, 1999.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do Ponto de vista da Engenharia de Produção**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman. 1997.

SHOOK, Y: **Bringing the Toyota Production System to the United States: A Personal Perspective in: Becoming Lean: Inside Stories of U.S. Manufacturers**. Edited by Jeffrey K. Liker. Portland, EUA, Productivity, 1998.

SLACK, N. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S. & JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SPEARMAN, M. L.; WOODRUFF, D. L.; HOPP, W. J.: **CONWIP: A pull alternative to Kanban**. International Journal of Production Research.1990.

VAKHARIA, A.J. In Group Technology: **Review, Evaluation and Direction for Future Research**. PERGAMON, Great Britain, 1998.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elim desperdício e crie riqueza. 3ª ed.** Rio de Janeiro: Campus, 1998.

WOMACK, J. Das **Ferramentas Enxutas (lean tools) ao Gerenciamento Enxuto (lean management)**: a situação da mentalidade enxuta em 2007. Disponível em: www.lean.org.br. Acessado em: 25 Agosto de 2015.

WOMACK, J.P; Jones, D.T; Roos, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**, Editora Campus, 1992.

<www.qualidadeprodutividade.blogspot.com.br> Acessado em 23 de Setembro de 2015