

Sistema puxado na cadeia produtiva de uma indústria de fundição: uma proposta de implantação**System pulled in the productive chain of a foundry industry: a proposal of implantation**

Recebimento dos originais: 28/04/2018

Aceitação para publicação: 30/05/2018

Evandro Medeiros Marques

Graduado em Administração

Instituição: Instituto SENAI de Tecnologia em Logística e Produção
Endereço: R. Henrique Vigarani, 163 - Barra do Rio, Itajaí – SC, Brasil
Email: evandro.marques@sc.senai.br

Ismael Luiz dos Santos

Mestre em Administração

Instituição: Instituto SENAI de Tecnologia em Logística e Produção
Endereço: R. Henrique Vigarani, 163 - Barra do Rio, Itajaí – SC, Brasil
Email: ismael.luiz.santos@gmail.com

Carlos Antonio Vinotti

Mestre em Engenharia de Produção

Instituição: Instituto SENAI de Tecnologia em Logística e Produção
Endereço: R. Henrique Vigarani, 163 - Barra do Rio, Itajaí – SC, Brasil
Email: vinotti@sc.senai.br

RESUMO

O trabalho tem como tema a manufatura enxuta. O objeto da pesquisa em questão é a implantação de um sistema puxado de componentes entre fábrica, fornecedores de acabamento mecânico e usinagem em uma indústria do ramo de fundição. A consultoria trouxe os conceitos do Sistema Toyota de Produção (STP) para a organização, treinou e participou na aplicação destes conceitos e ferramentas por meio de Gemba Kaizens, que são grupos de melhoria dedicados na resolução de problemas. O estudo limita-se à análise da redução dos estoques pós implantação de um sistema puxado. A empresa é uma fundição localizada em Joinville/SC. É uma divisão de uma fábrica de compressores, possui 222 funcionários, e opera em três turnos numa área de 10.000m². A programação da produção ocorre após o recebimento das informações de demanda geradas pelo MRP do seu maior cliente, que é a fábrica de compressores do Brasil, denominada Matriz. No fim do ano de 2008, com uma variação muito grande da demanda, férias coletivas e outros eventos que influenciaram nas vendas da Matriz, os estoques em processo cresceram, chegando a mais de 20 dias de material acumulado. Produz fundidos brutos, que passam por acabamento e inspeção em 5 empresas terceirizadas, que possuem um estoque de material bruto e outro de material acabado. Por questões fiscais, todas as peças acabadas devem voltar para a fábrica e formam outro estoque na expedição. A empresa também possui um estoque de componentes fundidos para cada família

produzida. Com frequência são necessários inventários para levantar a quantidade de material estocado em processo. A produção é empurrada, com uma superprodução, altos estoques, gerando custos, permitindo outros desperdícios e aumento do lead time. A implantação de um sistema puxado tem como principal objetivo a redução dos estoques em processo e liberação de capital para o fluxo de caixa da empresa. A atual situação em que a economia se enquadra torna muito caro o custo do capital e a real necessidade das empresas em reduzir seus estoques em processo para evitar a captação de dinheiro no mercado. Também será utilizado um formulário para coleta de dados históricos dos estoques e a evolução deles após a implantação desse sistema, gráficos comparativos pré e pós implantação em todos os pontos da cadeia para evidenciar o trabalho. O principal resultado deste trabalho é a verificação da aplicação da filosofia Lean no controle e redução de estoques. Após a implantação de um sistema puxado entre os processos de usinagem, terceirizados de acabamento mecânico e a fundição, foi possível evidenciar os ganhos obtidos, melhorando o fluxo de materiais, informações na cadeia e redução dos estoques em processo. A aplicação do sistema puxado apresentada nesta pesquisa mostrou sua eficácia na redução e controle dos estoques em processo e de material acabado. Foi possível evidenciar esta redução, enquadrando entre os sete desperdícios. Um estudo sempre leva seu autor a novos questionamentos, abrindo espaço para aplicação de ferramentas não utilizadas e que serão aplicadas de maneira diversa. Como sugestão para estudos futuros, fica a análise dos impactos que um sistema puxado pode ocasionar na redução dos demais desperdícios, que são a superprodução, as esperas, os transportes e movimentações desnecessárias, o processamento impróprio e as falhas. Agora cabe perguntar: a implantação de um sistema puxado contribui para a eliminação dos outros seis desperdícios em uma organização?

Palavras chaves: Manufatura enxuta; sistema puxado; sistema toyota de produção.

ABSTRACT

The work has a lean manufacturing theme. The object of the research in question is the implantation of a system drawn from elements between factory, suppliers of mechanical finishing and machining in a single area of foundry. The consultant brought the concepts of the Toyota Production System (STP) to organization, training and execution of concepts and tools for the Gemba Kaizens project, which are majority groups in problem solving. The study is limited to analyzing the edition of the verified data of a pulled system. The company is a foundry located in Joinville / SC. It is a division of a compressor factory, has 222 employees, and operates in three shifts in an area of 10,000m². Production scheduling occurs after receipt of demand information generated by MRP from its largest customer, which is a Brazilian compressor plant, called the Matrix. At the end of 2008, with a large amount of orders, group vacations and other events that influenced the sales of the Matrix, the stocks in processes grew, reaching more than 20 days of accumulated material. It produces brick foundations, which are finished and inspected in 5 outsourced companies, which have a stock of raw material and another of finished material. For tax purposes, all finished parts return to the factory and are in stock. A company also has a resource bank for each family produced. Commenting is necessary to lift a quantity of material stocked in process. Production is high, with overproduction, high inventories, generating costs, increasing waste and increasing lead time. The deployment of a system for asset movement is a process of releasing and releasing capital into the company's cash flow. The current situation in which the economy fits is very expensive, the cost of capital and a real need for companies in their own processes in a process of raising money in the market. We will also use a form for sampling inventory data and an example after the implementation of the system, comparative charts and post at all points in the chain to evidence the work. The main result of this work is the verification of the application of the Lean philosophy in the control and reduction of inventories. After the implementation of a teaching system between the machining processes, mechanical finishing outsourcing and a foundry, it was possible to highlight

the gains obtained, the flow of materials, the information in the chain and the reduction of the inventories in process. The application the system of the push and recovery the stocks and recovery the process of finished. This is a reduction in the articles of the articles of the articles of the many scatters. As a suggestion of future studies, there is an analysis of the effects that a system can cause in the reduction of other wastes, which are an overproduction, such as hopes, transport and movements, wrong processing and failures. Now it is: the implementation of a system pulled for the withdrawal of the remaining six dismissals in an organization?

Keywords: Lean manufacturing; pull system; toyota production system.

1 INTRODUÇÃO

A concorrência acirrada imposta pelo mercado globalizado, onde o preço não mais é determinado pela firma, mas sim pela indústria, força a firma buscar cada vez mais um menor custo de produção. A composição do custo de produção traz uma parcela de valor agregado aos produtos ou serviços, e uma parcela de valor não agregado, chamado mais comumente de desperdício.

Para se alcançar um custo de fabricação mais baixo, é necessário a busca por um processo mais enxuto, onde os desperdícios são retirados do processo e as tarefas que realmente agregam valor aos produtos e interessam aos clientes são otimizadas. Ou seja, as tarefas de não agregação de valor são transformadas em tarefas de agregação de valor e por consequência o custo é reduzido.

Este trabalho tem como tema a manufatura enxuta. O objeto de pesquisa em questão é a implantação de um sistema puxado de componentes entre fábrica, fornecedores de acabamento mecânico e usinagem em uma indústria do ramo de fundição e tem por objetivo melhorar o fluxo de materiais e informações na cadeia, reduzindo os estoques em processo. Esse sistema juntamente ao uso de *kanban* pode auxiliar no controle dos níveis de estoque em processo e estoque de produto acabado, reduzindo a necessidade de imobilização de capital para a manutenção destes estoques, tudo isso pautado nos objetivos específicos que são: estudar os conceitos da Manufatura Enxuta, do JIT e do *kanban* para compreender a aplicação da Filosofia *Lean* na redução e controle dos estoques; levantar dados sobre a demanda diária de componentes nos diferentes pontos da cadeia para identificar os requisitos do processo e calcular os supermercados de componentes; implantar as ferramentas do sistema puxado na fundição, usinagem e empresas terceirizadas; evidenciar os ganhos obtidos com a implantação, focando na redução dos estoques. O termo Manufatura Enxuta (ME), ou *Lean Manufacturing* surgiu no final da década de 80 e foi difundido pelo livro “A máquina que mudou o mundo” escrito por Womack e Jones (1992). Este termo faz menção ao Sistema Toyota de Produção

(STP). Segundo Shingo (1996), identificar e eliminar as perdas e reduzir os custos são os principais objetivos.

A justificativa se apresenta pautada na implantação da manufatura enxuta na organização estudada que teve seu início em 2005, quando os primeiros Mapas de Fluxo de Valor foram desenhados com auxílio de uma consultoria externa. A situação atual foi levantada e o mapa da situação almejada desenhado. A consultoria trouxe os conceitos do Sistema Toyota de Produção (STP) para a organização, treinou e participou na aplicação destes conceitos e ferramentas por meio de *Gemba Kaizens*, que são grupos de melhoria dedicados na resolução de problemas. O STP prega a eliminação de desperdícios no sistema produtivo, eliminando tudo o que não agrega valor aos produtos, buscando um fluxo contínuo e nivelado e consequente redução de *lead times*. O conceito da filosofia *Lean* parte do princípio de que há desperdício em todos os lugares em uma organização. A filosofia surge como um antídoto para se fazer cada vez mais com cada vez menos, e sempre com o objetivo de oferecer aos clientes o que eles realmente desejam no tempo que necessitarem. Segundo Liker (2005), “Ao aplicar o STP, você começa examinando o processo de produção a partir da perspectiva do cliente.” Liker (2005) ainda menciona que a primeira questão do STP é sempre “o que o cliente espera deste processo”. Isso define valor.

De acordo com Womack e Jones (2004), toda a filosofia da Manufatura Enxuta pode ser resumida em cinco princípios enxutos: valor, fluxo de valor, fluxo, puxar, perfeição.

Na empresa pode-se definir eliminação de desperdício tudo aquilo que não agrega valor aos produtos ou serviços finais, e o cliente não está disposto a pagar por eles, por isso todo desperdício deve ser reduzido ou até eliminado, buscando sempre a melhoria contínua (SHINGO, 1996).

Shingo (1996), ainda afirma que existem sete tipos de desperdícios: 1- Superprodução ou excesso de produção: 2- Tempo de espera: 3- Transportes: 4- Inventário desnecessário: 5- Processamento impróprio: 6- Movimentação desnecessária: 7- Reparos/falhas: desperdício de material e mão-de-obra. Liker (2005) acrescenta um oitavo desperdício: Desperdício de criatividade dos funcionários: Perda de tempo, ideias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem por não envolver ou ouvir os funcionários.

A organização estudada produz fundidos brutos, que passam por acabamento e inspeção em cinco empresas terceirizadas. Cada uma das empresas possui um estoque de material bruto e outro de material acabado. Não existe dedicação de linhas nestes fornecedores de acabamento sendo possível encontrar estoques de qualquer uma das famílias produzidas em

qualquer uma das terceirizadas. Por questões fiscais, todas as peças acabadas devem voltar para a fábrica e formam outro estoque na expedição. O cliente (usinagem) também possui um estoque de componentes fundidos para cada família produzida. Frequentemente é necessária a realização de inventários para levantar a quantidade de material estocado em processo. A produção acontece de forma empurrada, não impondo limites aos estoques da cadeia, permitindo a superprodução.

Este trabalho justifica-se, pois a superprodução e os altos estoques geram custos, permitem outros desperdícios e aumentam o *lead time*. A soma destes desperdícios e dos altos *lead times* torna a organização menos competitiva frente ao mercado.

O estudo limita-se à análise da redução dos estoques pós implantação de um sistema puxado. O sistema puxado compreende as etapas de expedição de peças brutas para terceiros de acabamento mecânico, o retorno das peças acabadas à expedição e as duas usinagens clientes. Não serão estudadas as lógicas de planejamento e controle da produção.

2 CONTEXTO INVESTIGADO

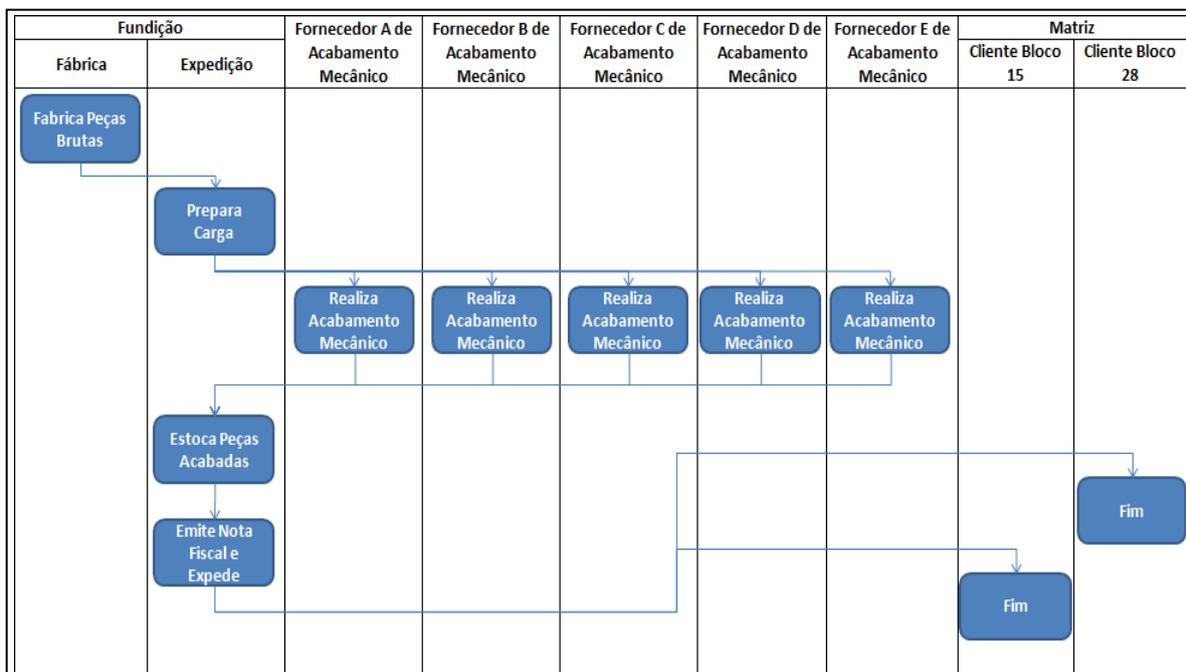
A empresa objeto de estudo fica localizada na região de Joinville/SC. Foi fundada em 1988 e é uma divisão de uma empresa de grande porte que fabrica compressores herméticos. Produz peças fundidas em ferro cinzento e nodular para atender a fábrica de compressores situada na mesma cidade e também parte da demanda de suas filiais na Europa e Ásia. A empresa mantém contato com o mercado vendendo parte de sua capacidade para a indústria automotiva e construção civil. Sua gama de produtos variada é composta por peças de 0,24Kg a 10kg. O volume mensal de fusão é da ordem de 4.500 toneladas, operando em três turnos com um efetivo de 222 funcionários, numa área construída de 10.000 metros quadrados.

A produção destinada à fábrica de compressores em Joinville é entregue no local de consumo, em três lugares distintos: na fábrica de Minis (blocos 15 e 28) e na fábrica de Midis (bloco 8). A empresa tem voltado seu interesse em implantar a Filosofia *Lean* em seus processos como um todo, reduzindo desperdícios, baixando seus níveis de estoque em processo e conseqüente redução do *lead time* entre pedido e faturamento.

3 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

Este estudo de caso traz a implantação de um sistema puxado entre a fundição, seus fornecedores de acabamento e a fábrica de Minis. A cadeia é formada pela fabricação de peças brutas na fundição, cinco fornecedores de acabamento com linhas não dedicadas, a expedição da fundição que é responsável pelo envio de peças para os terceiros e os clientes nos blocos 15 e 28. O fluxo de materiais da cadeia pode ser visto na Figura 2, onde o processo inicia na fabricação de peças na fundição, passando pela expedição para os terceiros, o retorno das peças para a expedição e envio para os clientes nos blocos 15 e 28.

Figura 2 - Fluxo de materiais na cadeia Fundição x Terceiros x Clientes



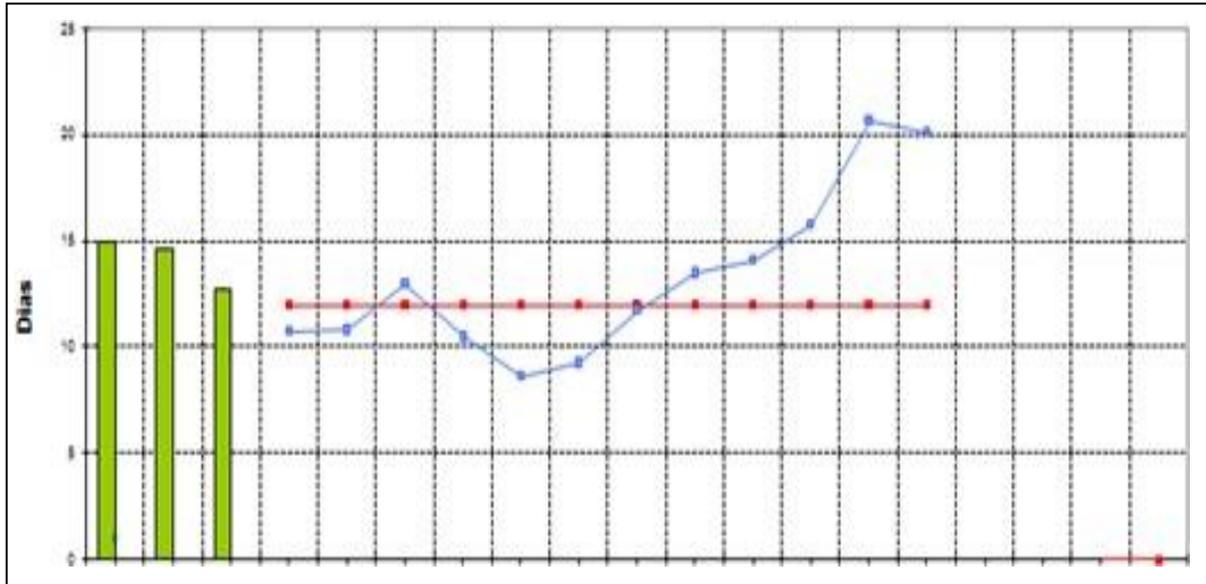
Fonte: Primária

A empresa estudada é uma divisão de uma fábrica de compressores. Sua atribuição na organização é de fábrica de componentes fundidos. A programação da produção ocorre após o recebimento das informações de demanda geradas pelo MRP do seu maior cliente, que é a fábrica de compressores do Brasil, denominada Matriz. Uma vez recebida a demanda do mês, o PCP gera o plano mestre de produção, organiza o sequenciamento, o controle dos estoques, a emissão e liberação de ordens de produção.

Os níveis de estoques são controlados pelo PCP. Não existe limitação para esses níveis uma vez que a programação da produção é feita em cima de uma previsão. Quando a previsão falha, o tempo de resposta da fundição e fornecedores de acabamento mecânico é muito longo, permitindo o acúmulo de estoque em processo em todos os pontos da cadeia. No fim do ano de 2008, com uma variação muito grande da demanda, férias coletivas e outros eventos que

influenciaram nas vendas da Matriz, os estoques em processo cresceram, chegando a mais de 20 dias de material acumulado em processo (Figura3).

Figura 3- Gráfico de acompanhamento dos estoques em processo



Fonte: Arquivos da empresa estudada objeto de estudo

São cinco os fornecedores de acabamento mecânico. Nenhum destes fornecedores possui linhas de acabamento dedicadas, ou seja, qualquer família de produto pode ser acabada em qualquer um dos fornecedores.

A programação da produção dos terceirizados é feita pelos responsáveis do setor de expedição da fundição uma vez por semana. A capacidade de cada um dos fornecedores é analisada e a partir daí os volumes de peças são distribuídos em cada um dos terceiros. De acordo com os volumes exigidos na semana, é possível encontrar estoques de peças brutas e acabadas de uma mesma família em cada um dos cinco fornecedores de acabamento.

Os fornecedores semanalmente realizam um inventário das quantidades de peças brutas e acabadas e enviam o relatório deste inventário para o responsável da expedição da fundição.

Parte da produção acabada nos terceiros, proveniente das previsões de demanda, fica estocada na expedição da fundição e parte nos próprios terceiros. Após o recebimento do pedido dos clientes, a expedição gera as notas fiscais, prepara e envia a carga aos clientes nos blocos 15 e 28 da Matriz. O cliente por sua vez também inventaria seus estoques, mas diariamente, e informa para a fundição suas necessidades para os próximos dias e necessidade de reposição dos estoques.

4 INTERVENÇÃO PROPOSTA

Para a implantação de um sistema puxado, uma série de fatores devem ser levantados e analisados. Dados provenientes do histórico de consumo e também da previsão de demanda, intervalos de entrega, quantidade de itens nos supermercados e velocidade de consumo deve ser cuidadosamente analisados para o correto dimensionamento dos supermercados. Um erro nesses cálculos pode provocar um não atendimento no cliente, causando uma parada de linha por indisponibilidade de material.

Parte fundamental da aplicação de um sistema puxado é a decisão de quais famílias manterem em estoque e quais produzirem somente por encomenda. A fábrica de Minis consome onze famílias de produtos, sendo estas, seis famílias de blocos e cinco de eixos. A distribuição do consumo mensal histórico de 2008 está demonstrada na Tabela. A classificação ABC destes itens segundo o consumo histórico classifica os itens em “A” como os que compõem até 80% do consumo médio mensal, como “B” os itens entre 80% e 95% do consumo histórico e como itens “C” os demais.

Para a aplicação deste sistema puxado foi necessária a análise de quais itens ficariam fora do sistema. Pelos volumes de produção e consumo pelo cliente (usinagens dos blocos 15 e 28 da matriz) chegou-se a conclusão que os itens “C” possuíam uma variação muito grande nos volumes mensais. Na análise do histórico foram identificados picos de consumo em alguns meses e consumo nulo em outros. Esta alta variação faria com que o supermercado calculado ficasse com um pulmão muito grande, não tornando possível a manutenção destes itens em estoque.

Considerando que somente os itens “C” ficariam fora do sistema puxado, passando a ter sua programação feita sob encomenda alinhada com o cliente, as famílias EMZ 1068, EMZ 1065 e EMX B23 seriam excluídas deste trabalho.

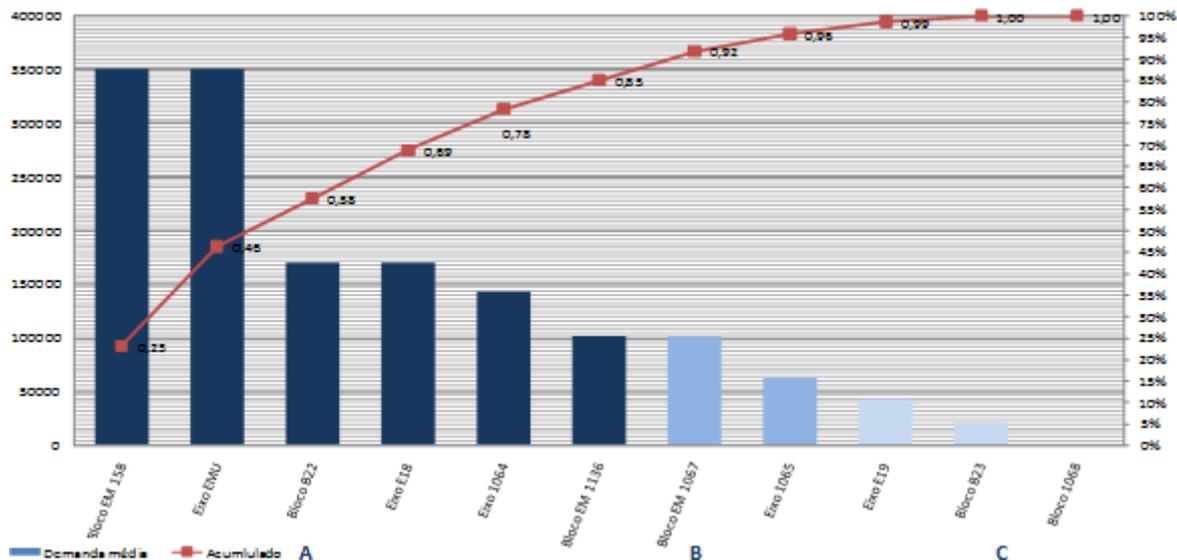
Tabela 2 - Análise ABC da demanda histórica das famílias estudadas

Material	Demanda mensal	%	Soma	Classificação
Nome do produto	Média - ano 2008	Demanda mensal / Demanda total	% acumulado	A - Itens que compõe 80% da demanda B - Itens que compõe 95% da demanda C - Demais itens
Bloco em 158	319220	0,24	24,46%	A
Bloco EMU	311987	0,24	48,37%	
Bloco EMZ 064	161552	0,12	60,75%	
Bloco EMX B22	140516	0,11	71,52%	
Bloco EMX E18	112420	0,09	80,14%	
Bloco EMZ 1136	86864	0,07	86,80%	B
Bloco EMZ 1067	77953	0,06	92,77%	
Bloco EMX E 19	34207	0,03	95,39%	
Bloco EMZ 1065	30716	0,02	97,75%	C
Bloco EMZ 1068	28646	0,02	99,94%	
Bloco EMX B23	769	0	100%	
Total	1304850	1		

Fonte: Elaborado a partir de dados dos arquivos da empresa objeto de estudo

A composição do mix de produtos X demanda pode ser mais bem vista na Figura , onde os itens “A” compõem 78% do total, que somados aos itens “B” alcançam 96%. Os itens “C” somam 4% da demanda mensal total das famílias produzidas.

Figura 4 – Análise ABC da demanda prevista para 2009



Fonte: Elaborado a partir de dados dos arquivos da empresa objeto de estudo

Para a implantação de um sistema puxado entre locais distantes é necessária a criação de supermercados em toda a cadeia, de modo que seu consumo e reposição sejam feitos através da movimentação dos cartões *kanban*. A implantação de um sistema puxado na cadeia estudada necessitava da dedicação de fornecedores, evitando a necessidade de estoques de mais de uma família em cada um dos fornecedores de acabamento. A capacidade produtiva de cada um dos fornecedores foi analisada e, devido à redução de demanda para 2009, conseguiu-se balancear e distribuir a produção de todas as famílias consumidas na fábrica de minis em apenas três fornecedores de acabamento, trabalhando cada um em apenas um turno. Na Tabela são apresentadas as famílias de produtos, o local de consumo (clientes) e o fornecedor de acabamento para a família dedicada.

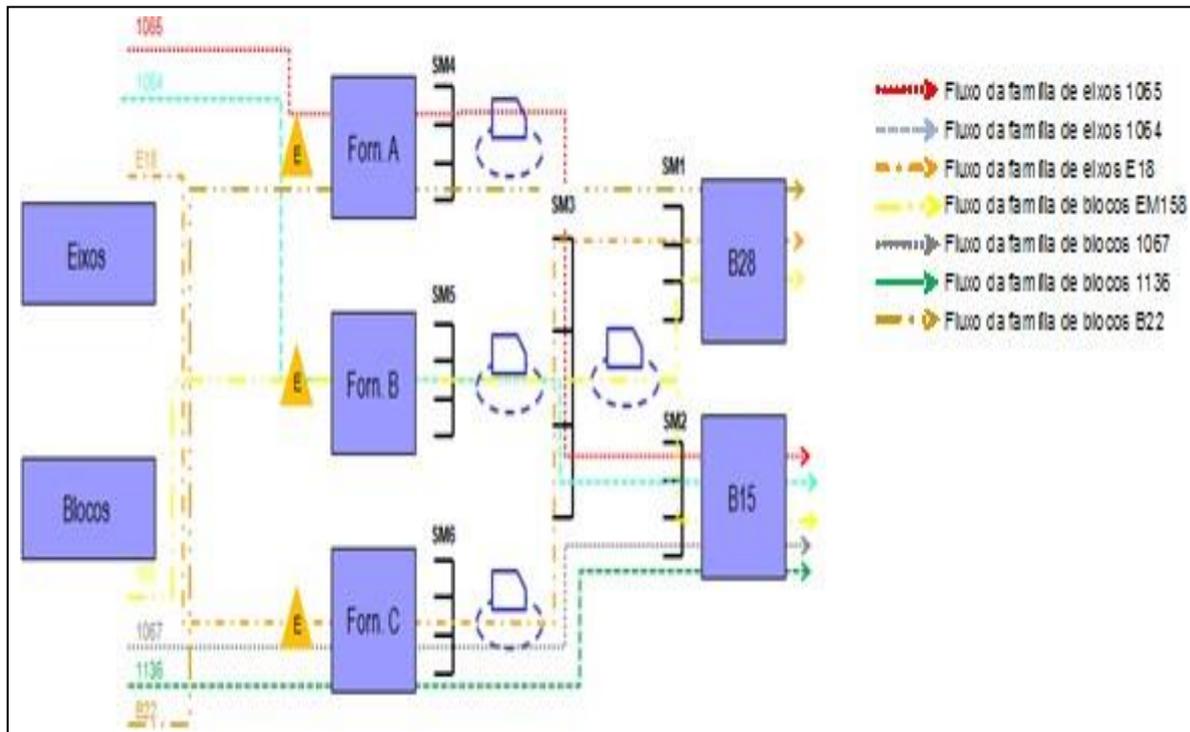
Tabela 4 - Dedicção de famílias por fornecedores de acabamento mecânico

Item	Local Consumo	Fornecedor de abastecimento
Bloco B22	Bloco 28	A
Eixo 1065	Bloco 15	
Eixo E 18	Bloco 28	C
Bloco EM 1067	Bloco 15	
Bloco EM 1136	Bloco 15	
Bloco EM 158	Bloco 15 e 28	B
Eixo 1064	Bloco 15	
Eixo E M U	Bloco 15 e 28	Acabamento Interno

Fonte: Adaptado dos arquivos da empresa objeto de estudo

Na Figura está esquematizado o fluxo de materiais desde sua produção até o cliente final. As peças passam pelo supermercado de peças brutas na fundição e seguem para os estoques de peças brutas dos três terceiros dedicados. Após o acabamento, as peças são armazenadas nos supermercados de peças acabadas (SM4, SM5 e SM6) e aguardam a solicitação da fundição pelos cartões *kanban*. Seguindo o fluxo, as peças vão para o supermercado da expedição (SM3), na fundição. Após solicitação do cliente através dos cartões *kanban*, finalmente vão para o supermercado dos clientes (SM1 e SM2) para aguardarem o consumo.

Figura 5 - Fluxo das famílias de produtos entre fundição, fornecedores e clientes



Fonte: Primária

Para o cálculo dos supermercados são necessários dados sobre a velocidade de consumo (demanda) de cada uma das famílias no cliente, que é o nosso processo puxador, e o maior intervalo de tempo entre entregas de material (*lead time* de entrega). As janelas de entrega em todos os pontos da cadeia foram levantadas para sua utilização no cálculo dos supermercados e estão demonstradas na Tabela, mostrando os horários de chegada e saída dos caminhões em cada roteiro.

Tabela 5 – Janelas de entrega de materiais entre expedição, fornecedores e clientes

Janelas de entrega									
Expedição Bloco 15		Expedição Bloco 28		Fornecedor A - Expedição		Fornecedor B - Expedição		Fornecedor C - Expedição	
Chegada	Saída	Chegada	Saída	Chegada	Saída	Chegada	Saída	Chegada	Saída
08:15	08:45	05:45	06:25	09:40	10:10	07:30	08:10	11:00	11:40
16:10	16:55	09:15	09:55	11:40	12:10	17:25	20:00	20:00	20:30
		13:30	14:10	13:55	14:35				
		15:40	16:20	14:35	15:05				
		19:10	19:50						

Fonte: Arquivos da empresa objeto de estudo

Com o uso das informações da Tabela 5 – Janelas de entrega de materiais entre expedição, fornecedores e clientes, foram realizados os cálculos dos maiores intervalos entre entregas nos clientes (blocos 15 e 28) e na expedição, que tem seu estoque abastecido pelos três fornecedores de acabamento mecânico. Esses valores nos mostram o *lead time* de entrega de materiais para o abastecimento dos supermercados e estão demonstrados na Tabela , onde estão apresentados os roteiros e o *lead time* em dias e horas.

Tabela 6– *Lead Time* de fornecimento entre expedição, fornecedores de acabamento e clientes

Maiores intervalos de entrega - Lead Time - Aproximado									
Expedição - Bloco 15		Expedição - Bloco 28		Fornecedor A - Expedição		Fornecedor B - Expedição		Fornecedor C - Expedição	
Horas	Dias	Horas	Dias	Horas	Dias	Horas	Dias	Horas	Dias
16:00	0,65	10:55	0,65	19:00	0,80	14:00	0,60	15:00	0,63

Fonte: Arquivos da empresa objeto de estudo

Os dados de demanda média diária, a quantidade de peças por embalagem e o pico de consumo por hora, que foram utilizados para o cálculo do estoque de ciclo estão demonstrados na Tabela.

Tabela 7 – Demanda média diária, quantidade por embalagem e pico de consumo

Código	Demanda Diária	Quantidade por embalagem	Pico de Consumo p/hora
Bloco B22	7083	400	400
Eixo E18	7083	2300	400
Bloco EM 158	14583	500	400
Bloco EM 1067	4250	500	300
Bloco EM 1136	4250	500	300
Eixo 1064	5950	2500	350
Eixo 1065	2583	2500	350
Eixo EMU	14583	2500	400

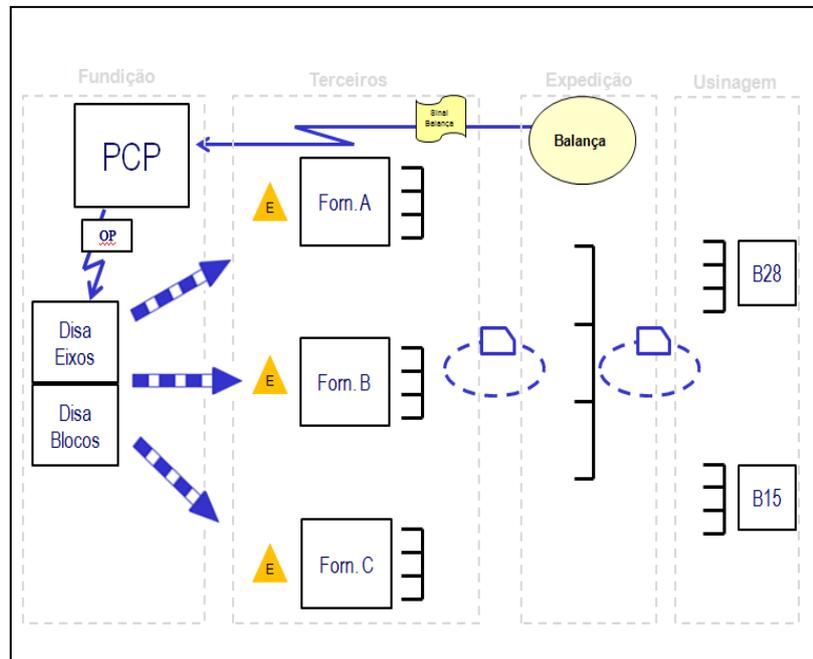
Fonte: Elaborado a partir de dados da empresa objeto de estudo

A cadeia de valor para a aplicação do sistema puxado de componentes fundidos entre usinagens, terceiros e fundição é mostrada na Figura . A cadeia é composta pelos dois clientes (usinagens dos blocos 15 e 28) que são os processos puxadores, a expedição, os três fornecedores de acabamento mecânico e a fundição.

O sistema puxado funciona com o consumo de peças acabadas dos supermercados das usinagens, que é o processo puxador. As necessidades dos supermercados das usinagens são sinalizadas pelo transporte dos cartões *kanban* até a expedição, feito pelos caminhões que fazem a rota de entrega de materiais na matriz. A expedição envia somente a quantidade sinalizada pelos *kanbans* para as usinagens trocando os cartões das caixas da expedição pelos cartões recebidos da usinagem. Ao passo que a expedição supre as usinagens, é gerada uma necessidade de reposição dos supermercados da expedição. Os cartões trocados na expedição são enviados para os fornecedores de acabamento, também pelos caminhões que fazem a rota de abastecimento, que suprem as necessidades da expedição. Quando as caixas chegam à expedição, elas são pesadas. O PCP recebe as informações de recebimento de peças (peso) e monitora esses valores em uma planilha. Com a informação da chegada de peças na expedição, o PCP aguarda a acumulação do peso destas peças para a composição de um lote econômico de fundição, considerando os fatores de troca de liga nos fornos e tempos de *setup* nas linhas de moldagem e agregados, permitindo a conciliação do sistema puxado com o restante da programação, feita sob previsão. O ressuprimento dos fornecedores de acabamento acontece quando o peso das peças recebidas dos terceiros é suficiente para a fabricação de um lote de novas peças na fundição. O uso da balança foi à forma encontrada para o controle da produção da fundição. A fabricação somente do lote equivalente à quantidade recebida dos terceiros evita a superprodução, ou seja, freia a produção, não ultrapassando os limites dos estoques de peças brutas nas terceirizadas.

Para o cálculo dos supermercados foram utilizados os dados levantados nas análises de demanda, *lead time* de fornecimento e percentuais de segurança. A Tabela mostra a distribuição de dias de peças nos supermercados calculados.

Figura 6 - Cadeia de valor para as famílias estudadas



Fonte: Arquivos da empresa objeto de estudo

A média dos estoques calculados é de 8,6 dias, mas com a movimentação dos cartões dentro do *lead time* de reposição, calcula-se que o estoque médio será de 6 dias.

Tabela 8 - Distribuição de dias de material nos supermercados da cadeia

cod	Dias no supermercado Usinagem 15	Dias no supermercado Usinagem 28	Dias na Expedição	Dias no supermercado Terceiro	Dias Pçs brutas	Total de dias
Bloco B22		0,7	3	1,5	3	8,2
Eixo E18		0,7	3	1,5	3	8,2
Bloco EM 158	1	0,7	3	1,5	3	9,2
Bloco EM 1067	1		3	1,5	3	8,5
Bloco EM 1136	1		3	1,5	3	8,5
Eixo 1064	1		3	1,5	3	8,5
Eixo 1065	1		3	1,5	3	8,5
Eixo EMU	1	0,7	3	1,5	3	9,2

Fonte: Arquivos da empresa objeto de estudo

5 RESULTADOS OBTIDOS

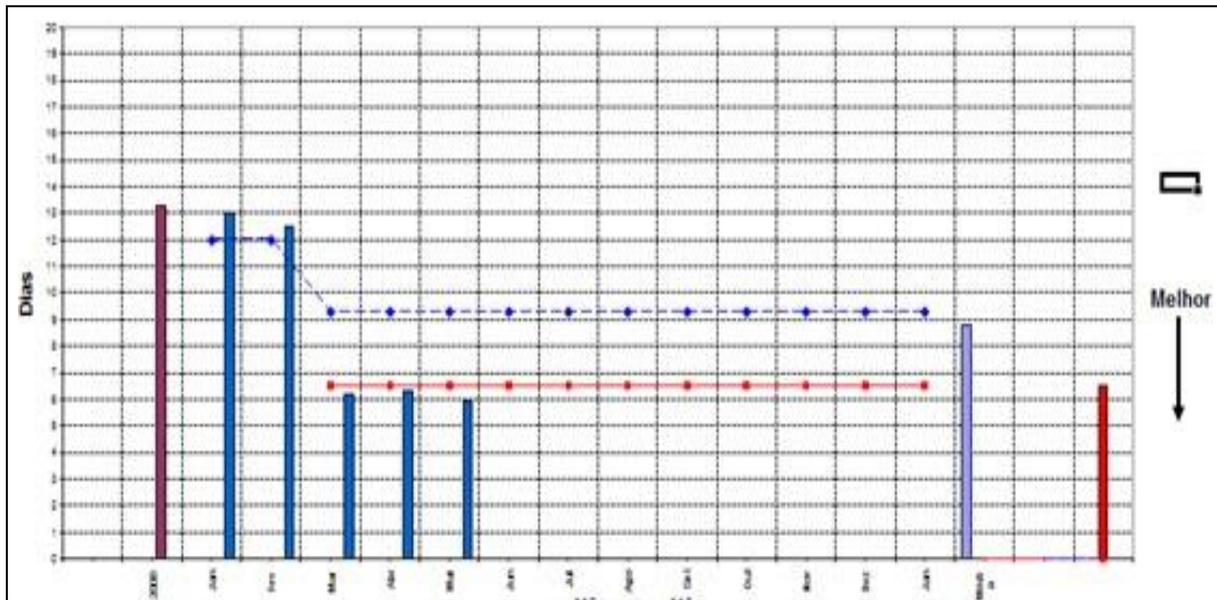
A programação da produção das famílias fornecidas à fábrica de minis passou de empurrada, sob previsão, para puxada, sob consumo. O PCP não necessita mais fazer o controle dos níveis de estoque e liberar ordens de acordo com as previsões e necessidades geradas pelo MRP. O lançamento e sequenciamento das ordens de fusão acontecem quando o lote mínimo de produção é alcançado através do acompanhamento de entrada de peças na expedição, vindas dos terceiros. Assim, os estoques calculados (supermercados) trabalham dentro de uma faixa mediana entre o máximo estipulado e o mínimo (segurança). O sistema puxado, assim desenhado neste estudo de caso consegue frear a produção, não permitindo o acúmulo de estoque em processo.

As médias históricas variavam em torno de 12,5 e 13 dias de estoque em processo. Com a implantação do sistema puxado, o estoque máximo em processo ocorre somente quando os clientes param de consumir. Quando isto ocorre os supermercados ficam totalmente cheios e o lançamento de ordens de fusão não acontece, pois não existe consumo.

Os valores máximos de estoque em processo foram calculados em 8,6 dias e acrescentados de mais 0,7 dias por precaução, chegando há 9,3 dias.

Com o sistema funcionando, com fluxo de consumo constante, os estoques médios caem para em torno de 6 dias. A Figura mostra o gráfico de acompanhamento dos estoques em processo antes e depois da implantação do sistema puxado, que ocorreu em março de 2009. A seqüência azul de linha no gráfico mostra a meta estipulada de estoque máximo, que era de 12 dias antes da implantação do sistema puxado e 9,3 dias depois da implantação. A seqüência vermelha de linha no gráfico mostra a meta de estoque calculada em torno de 6,5 dias com o sistema puxado funcionando com demanda constante. As barras azuis mostram os estoques médios em cada período.

Figura 7 - Gráfico de acompanhamento dos estoques em processo pré e pós implantação do sistema puxado

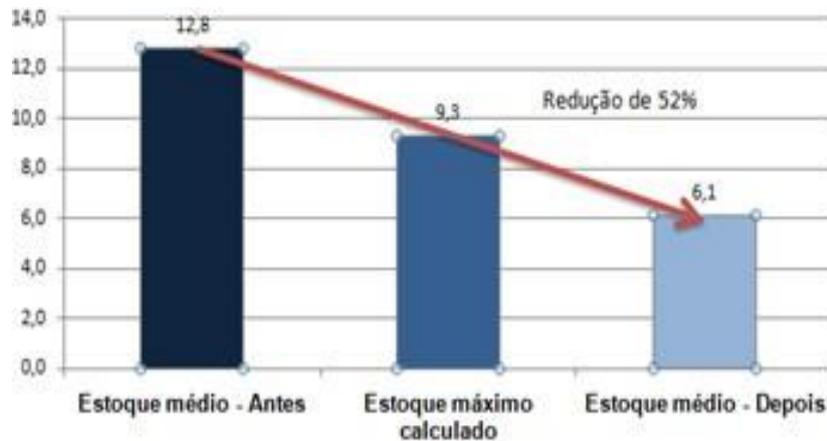


Fonte: Arquivos da empresa objeto de estudo

Para melhor visualizar os resultados obtidos com a redução dos estoques, foi elaborado um gráfico comparativo (Figura 8), contemplando o estoque médio antes da implantação do sistema puxado de 12,8 dias, o estoque máximo calculado para os supermercados, de 9,3 dias e o estoque médio alcançado após a implantação do sistema puxado, de 6,1 dias. Fica evidente a redução de mais de 52% na quantidade de material estocado em processo. Esse é o estoque médio com o funcionamento do sistema puxado com demanda constante.

A implantação de um sistema puxado proporciona gestão visual dos estoques. Os sinais para a reposição são feitos através da movimentação de cartões. A quantidade máxima de caixas nos supermercados é controlada pela delimitação (marcação) física e limitação de empilhamento de caixas, ou seja, um supermercado nunca pode suportar mais que a quantidade máxima calculada. A Figura mostra o modelo de gestão visual adotado em um dos clientes da fundição. Nele é possível visualizar o *layout* do supermercado, separado por famílias de produtos e quantidade máxima de caixas empilhadas em cada coluna. Também são demonstradas as famílias e quantidade de *container* e cartões *kanban* de cada uma delas bem como as janelas de entregas para este cliente.

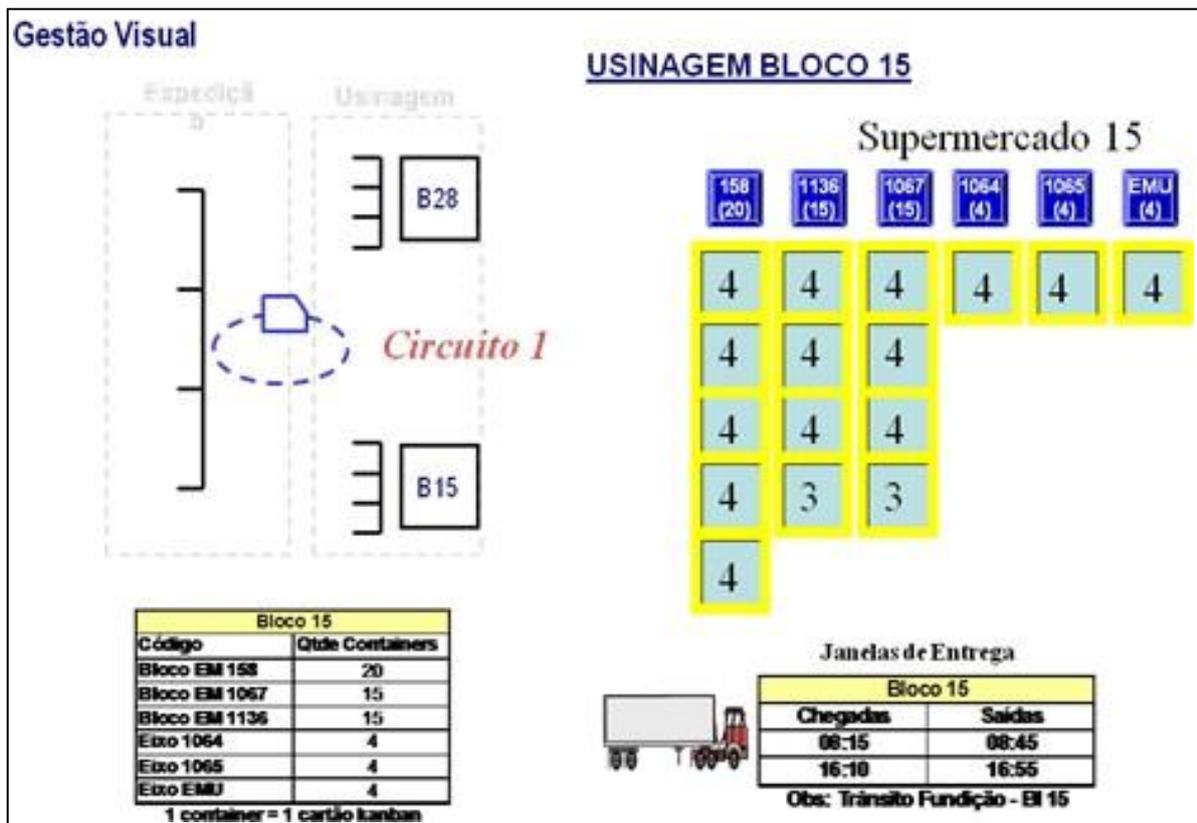
Figura 8 - Comparativo dos estoques médio antes, máximo calculado e médio depois da implantação do sistema puxado



Fonte: Elaborado a partir de dados da empresa objeto de estudo

Com a mostra do modelo de gestão visual do supermercado do bloco 15 com os cartões *kanban* colados na parte superior esquerda das caixas, é possível fazer uma comparação com o *layout* demonstrado na gestão visual da Figura 9. Nesta comparação é possível identificar que as peças que estejam sendo consumidas são as peças da família 1136 e 1064, pois as outras famílias estão na sua capacidade máxima. Ou seja, é possível verificar a situação dos estoques visualmente, sabendo exatamente quais componentes estão sendo consumidos e quais não estão.

Figura 9 – Modelo de gestão visual no bloco 15 e estendido aos outros pontos da cadeia



Fonte: Primária

A organização dos supermercados nos terceiros de acabamento ficou melhor, pois também permite a gestão visual, a situação antes da implantação do sistema puxado e é retratada pela não organização do estoque. É fácil a identificação de caixas de diferentes modelos, tamanhos e diferentes materiais de construção. Não existe uma delimitação da área de armazenagem, nem a quantidade máxima de caixas estocadas. Isto permite a mistura de componentes e ao não controle da quantidade de peças em estoque. É possível a estocagem de peças em outros lugares da fábrica, facilitando a não organização e dificultando a gestão visual do local. Há uma melhoria na delimitação da área do supermercado para a gestão visual e dedicação dos componentes, na limitação deste supermercado de peças acabadas funciona com a delimitação da área de estocagem de peças e limitação da quantidade máxima de caixas empilhadas. Desta forma, como em uma prateleira de supermercado, fica impossível de se preencher o local com mais que sua capacidade limitada.

6 CONTRIBUIÇÃO TECNOLÓGICA-SOCIAL

Diante do cumprimento dos objetivos específicos propostos nesta pesquisa, fica também confirmado o cumprimento do objetivo geral: Implantar um sistema puxado entre os

processos de usinagem, terceirizados de acabamento mecânico e a fundição para melhorar o fluxo de materiais e informações na cadeia, reduzindo os estoques em processo.

Em relação à hipótese de pesquisa elaborada, mediante os dados expostos nesse trabalho, fica confirmada a formulação: A aplicação de um sistema puxado reduz os níveis de estoque e assegura o atendimento dos clientes mesmo com níveis baixos de estoque.

Espera-se com os resultados deste trabalho ressaltar à empresa que a aplicação de sistemas puxados, quando bem planejados, pode reduzir e controlar os níveis de estoques em processo com a simples movimentação de cartões e gestão visual. A sugestão é que os níveis de estoques sejam acompanhados. Uma vez que os supermercados conseguem absorver as flutuações da demanda e problemas ocasionados na cadeia de fornecimento, é possível reaplicar o estudo e redimensionar os supermercados de forma gradativa, até um ponto mínimo ótimo.

A aplicação do sistema puxado apresentada nesta pesquisa mostrou sua eficácia na redução e controle dos estoques em processo e de material acabado. Foi possível evidenciar a redução destes níveis de estoque, enquadrado entre os sete desperdícios citados por Shingo (1996), evidenciados na fundamentação teórica.

Como sugestão para estudos futuros, fica a análise dos impactos que um sistema puxado pode ocasionar na redução dos demais desperdícios, que são a superprodução, as esperas, os transportes e movimentações desnecessárias, o processamento impróprio e as falhas. Agora cabe perguntar: a implantação de um sistema puxado contribui para a eliminação dos outros seis desperdícios em uma organização?

REFERÊNCIAS

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

INTERNET: **LeanInstitute Brasil**.

Disponível:<http://www.lean.org.br/5_principos.aspx>. Acesso em: 11 abr. 2009.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. – **Fundamentos de Metodologia Científica**. 3.ed.São Paulo: Atlas, 1991.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **Criando o Sistema Puxado Nivelado**. Um guia para aperfeiçoamento de sistemas *lean* de produção, voltado para profissionais de planejamento, operações, controle e engenharia, 2004.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. **LéxicoLean**. Glossário Ilustrado para praticantes do pensamento lean, 2007.

LIKER, Jeffrey K. **O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

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

SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção**. Trad. Eduardo Schaan. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SHINGO, Shigeo. **Sistemas de Produção com estoque zero: O sistema Shingo para melhorias contínuas**. Trad. Lia Weber Mendes. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. – **Administração da Produção**. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

TUBINO, D.F. - **Manual de planejamento e controle da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **LeanThinking - A mentalidade enxuta nas empresas: elimine desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Campus, 1992.