

**HUGO SANTIAGO BARROS**

Utilização de ferramentas da manufatura enxuta na melhoria dos resultados da GM Powertrain de São José dos Campos

**Trabalho de curso do Mestrado  
Profissionalizante em Engenharia  
Automotiva da Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo.**

**São Paulo  
2005**

**HUGO SANTIAGO BARROS**

Utilização de ferramentas da manufatura enxuta na melhoria dos resultados da GM Powertrain de São José dos Campos

**Trabalho de curso do Mestrado  
Profissionalizante em Engenharia  
Automotiva da Escola Politécnica da  
Universidade de São Paulo.**

**Orientador: Prof. Dr. Amauri Hassui**

**São Paulo  
2005**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

**Barros, Hugo Santiago**

**Utilização de ferramentas da manufatura enxuta na melhoria dos resultados da GM Powertrain de São José dos Campos / H.S. Barros. -- São Paulo, 2005.**

**101p.**

**Trabalho de curso (Mestrado Profissionalizante em Engenharia Automotiva). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.**

**1.Manufatura enxuta 2.Just-in-time 3.Kanban I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica II.t.**

À minha esposa Viviane pelo incentivo nos  
momentos em que mais precisei.

E à minha filha Laura para tentar compensar a minha  
ausência durante a elaboração deste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Sr. Emerson Brescancini que me ensinou e incentivou a aprender, a ir em busca de novos conhecimentos e que tornou este curso possível.

À GM Powertrain, que me permitiu ingressar neste curso e que me abriu as portas para colocar em prática os conhecimentos adquiridos.

Ao Prof. Dr. Amauri Hassui por sua generosa contribuição na estruturação desta dissertação de mestrado.

Ao meu amigo Júlio César S. Rosa pela sua incansável ajuda. Você realmente fez a diferença.

Em especial à minha mãe, Maria Suelena Santiago Barros, que me ajudou bastante nos momentos difíceis durante a fase final deste trabalho.

## RESUMO

A indústria automobilística mundial tem passado por reformas em técnicas e métodos que possibilitaram um melhor desempenho neste setor, como, por exemplo, nas indústrias japonesas (a Toyota é o exemplo mais citado na literatura).

O conceito de manufatura enxuta (*lean manufacturing*) será explorado neste trabalho, bem como sua importância na indústria automobilística. O sistema enxuto envolve não somente a atividade de manufatura, mas relaciona-se com a distribuição e vendas, com o desenvolvimento de produtos, com fornecedores, etc. São apresentadas análises do comportamento do mercado automobilístico no Brasil nos últimos anos, enfatizando-se que a concorrência hoje neste campo é acirrada. Novas montadoras estabeleceram-se no Brasil a partir de 1998. Há necessidade de “acordar” a indústria brasileira para a necessidade de grandes mudanças em suas práticas e desempenho para sobrevivência neste mercado competitivo.

Não é intenção deste trabalho abordar o grupo GM de forma global para propor soluções de âmbito geral, mas sim, propor o uso de ferramentas da manufatura enxuta, através do sistema *just-in-time* no setor de manufatura de motores família I, compreendendo as linhas de montagem e de usinagem de componentes na planta da GM Powertrain de São José dos Campos. Este trabalho é uma conclusão de análises de campo de vários períodos neste setor e propõe mudanças locais, sem no entanto perder o enfoque na necessidade de treinamento de funcionários, nos diversos escalões da GM Powertrain, para que a importância da manufatura enxuta seja compreendida e, em decorrência, implementada em diversos níveis e setores, para que a empresa faça frente à competitividade do mercado.

## **ABSTRACT**

The world automotive industry has been changed some methods that enable to improve the performance in this business area, as an example, the Japanese industry (Toyota is the reference on this issues).

The concept and importance of lean manufacturing inside the automotive industry will be explored in this article. The concept of lean system is not only related on manufacturing area, but related on sales, delivery, product development, and suppliers too. In this article, the automotive market of Brazil in the last years will be presented, showing all the companies that started to produce and sale vehicles in this country. The urgency to change and improve the productive process is the strategy to survive and compete inside the automotive market of Brazil.

The proposal of this article is to promote the lean manufacturing tools applied in a business unit of GM Corporation, the GM Powertrain – São José dos Campos Plant, using the just-in-time method in machining and assembly lines. The article is a conclusion of many periods of sector analysis promoting proposals with training people of all GM Powertrain structure, to establish the concept of lean manufacturing in all levels and so, improves the GM Powertrain performance.

## LISTA DE FIGURAS

Fig. 1 – Planta baixa das instalações da GM Powertrain em São José dos Campos..	15
Fig. 2 – Esquema de cálculo do I.P.G. ....	22
Fig. 3 – Formas de pensamento para formação de lucros em uma empresa.....	26
Fig. 4 – Idéia de nivelamento da produção. ....	32
Fig. 5 – Nivelamento da produção em tempos cada vez menores. ....	33
Fig. 6 – Estágios para implementação de troca rápida de ferramenta.....	37
Fig. 7 – Sistema puxado com supermercado e <i>kanbans</i> .....	40
Fig. 8 – Produção mundial de veículos das três maiores montadoras do mundo. ....	46
Fig. 9 – Produção mundial de veículos de passageiros.....	47
Fig. 10 – Produção de automóveis e comerciais leves no Brasil para vendas internas e exportações de 1980 a 2004. ....	48
Fig. 11 – Porcentagem da produção das montadoras no Brasil:comparação entre as quatro maiores e as demais montadoras de 1980 a 2004. ....	49
Fig. 12 – Porcentagem da produção de automóveis e comerciais leves no Brasil por montadora.....	49
Fig. 13 –Quantidade de automóveis e comerciais leves produzidos no Brasil para vendas internas e exportações. ....	50
Fig. 14 – Princípios e elementos do GMS. ....	54
Fig. 15 – Esquema do processo produtivo do motor família I.....	57



Fig. 16 – Porcentagem típica de atendimento ao programa de produção em relação ao programa diário de montagem de motores família I, 2004. ....	58
Fig. 17 – Causa de paradas nas linhas de montagem, em porcentagem.....	58
Fig. 18 – Valores típicos de I.P.G. por linha de usinagem.....	61
Fig. 19 – Cronograma para implementação do GMS na GM Powertrain de São José dos Campos no ano de 2005. ....	63
Fig. 20 – Relatório de leitura de livro. ....	64
Fig. 21 – Estrutura utilizada pela GM Powertrain na manufatura. ....	67
Fig. 22 – Folheto ilustrando os sete tipos de desperdícios.....	70
Fig. 23 – Fluxo de blocos usinados para as linhas de montagem. ....	71
Fig. 24 – Supermercado único. ....	73
Fig. 25 – Um supermercado próximo a cada linha de usinagem. ....	74
Fig. 26 – Um supermercado próximo a cada linha de montagem.....	75
Fig. 27 – Esquema dos carrinhos para alternativa de um único supermercado. ....	79
Fig. 28 – Esquema dos carrinhos para alternativa um supermercado para cada linha de usinagem.....	80
Fig. 29 – Conflitos na divisão de produtos. ....	80
Fig. 30 – Exemplo de cartão <i>kanban</i> de produção.....	81
Fig. 31 – Exemplo de cartão <i>kanban</i> de requisição. ....	81
Fig. 32 – Quadro para fixação dos <i>kanbans</i> de produção no supermercado.....	83
Fig. 33 – Documento-resumo elaborado para treinamento.....	85

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relatório mensal de resultados em Outubro de 2004.....	23
Tabela 2 – Nivelamento da produção.....	33
Tabela 3 – Contribuição de um tempo de <i>setup</i> de 4 horas no tempo de ciclo de uma operação. ....	35
Tabela 4 – Contribuição de um tempo de <i>setup</i> de 9 minutos no tempo de ciclo de uma operação. ....	36
Tabela 5 – Produção mundial de veículos.....	46
Tabela 6 – Produção mundial de veículos de passageiros .....	47
Tabela 7 – Sumário dos indicadores da GM Powertrain segundo o grau de alcance do objetivo.....	55
Tabela 8 – Áreas de responsabilidade dos indicadores com objetivos não atingidos, em porcentagem, na GM Powertrain .....	56
Tabela 9 – Fatores que influenciam o desempenho dos indicadores com objetivos não alcançados. ....	60
Tabela 10 – Quantidade de cartões a serem utilizados. ....	82
Tabela 11 – Quantidade de <i>kanbans</i> em cada faixa do quadro.....	84

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....	14
1.1. Apresentação da Empresa .....	14
1.1.1. História.....	15
1.1.2. GM Powertrain no mundo.....	17
1.1.3. GM Powertrain em São José dos Campos .....	17
1.2. Cenário atual da indústria automobilística no Brasil .....	18
1.3. Resultados da GM Powertrain de São José dos Campos .....	19
1.4. Justificativa para o trabalho .....	24
CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
2.1. A Manufatura Enxuta.....	25
2.1.1. Engenharia de Produção.....	28
2.2. Automação .....	28
2.3. Just-in-time.....	29
2.3.1. Produção nivelada .....	31
2.3.1.1. Troca Rápida de Ferramentas .....	34
2.3.2. <i>Kanban</i> .....	39
2.3.2.1. Tipos de <i>kanban</i> .....	40
2.3.2.2. Organização dos cartões <i>kanban</i> no processo de produção .....	41

2.3.2.3. Dimensionando o <i>kanban</i> .....	42
2.4. Eliminar desperdícios.....	43
CAPÍTULO 3 – O GMS NA GM POWERTRAIN.....	46
3.1. Panorama mundial da indústria automobilística.....	46
3.2. Panorama da indústria automobilística brasileira.....	48
3.3. História do GMS.....	52
3.4. Conceitos do GMS.....	52
CAPÍTULO 5 – PLANO PARA IMPLEMENTAÇÃO DA MANUFATURA ENXUTA NA GM POWERTRAIN.....	62
5.1. Conscientização da liderança.....	63
5.1.1. Biblioteca enxuta.....	63
5.1.2. Treinamento prático.....	65
5.2. Treinamento dos especialistas.....	66
5.3. Estrutura de recursos humanos no chão de fábrica.....	66
5.4. Trabalho padronizado.....	69
5.5. Kanban.....	70
5.5.1. Localização de supermercados.....	72
5.5.2. Cálculo do tamanho do supermercado.....	75
5.5.3. Escolha da melhor alternativa.....	77
5.5.4. Cartões <i>kanban</i> utilizados.....	81

CAPÍTULO 6 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	85
CAPÍTULO 7 – CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS FINAIS .....	89
CAPÍTULO 8 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	92
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA .....	95
ANEXOS .....	99
Anexo A – Folha de trabalho padronizado. ....	99
Anexo B – Folha de elemento de operação.....	100
Anexo C – Folha de padrão de qualidade de produto. ....	101

## **CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO**

### **1.1. Apresentação da Empresa**

A GM Powertrain é uma empresa do grupo General Motors que atua no setor de autopeças. Ela é responsável pelo desenvolvimento, fabricação e fornecimento de *powertrains* (motores e transmissões) para basicamente duas empresas, a FIAT e a General Motors, para esta última, tanto para suas unidades fabris no Brasil como para unidades localizadas em outros países, como Índia, Egito e Venezuela.

A empresa procura trabalhar, de uma forma intensa, em parceria com seus clientes, principalmente a General Motors, desenvolvendo produtos como o Flex Power, motor bi-combustível (álcool e gasolina), e o Multi Power, motor multi-combustível (álcool, gasolina e gás natural veicular). A empresa também compartilha recursos com esta montadora, como por exemplo, sua rede de computadores, utilidades, transporte, restaurante, logística externa, entre outros. Em São José dos Campos, a GM Powertrain possui a vantagem de estar situada na mesma localização geográfica que a GM.

O objeto deste estudo é a planta de São José dos Campos, interior de São Paulo, que conta com duas unidades de produção de motores, uma para motores família I (aplicações menores, por exemplo, Corsa e Celta) e outra para a família II (aplicações maiores, por exemplo, Astra e S10), e uma terceira unidade de produção de transmissões para veículos da General Motors. A figura 1 mostra a planta baixa das instalações mencionadas.

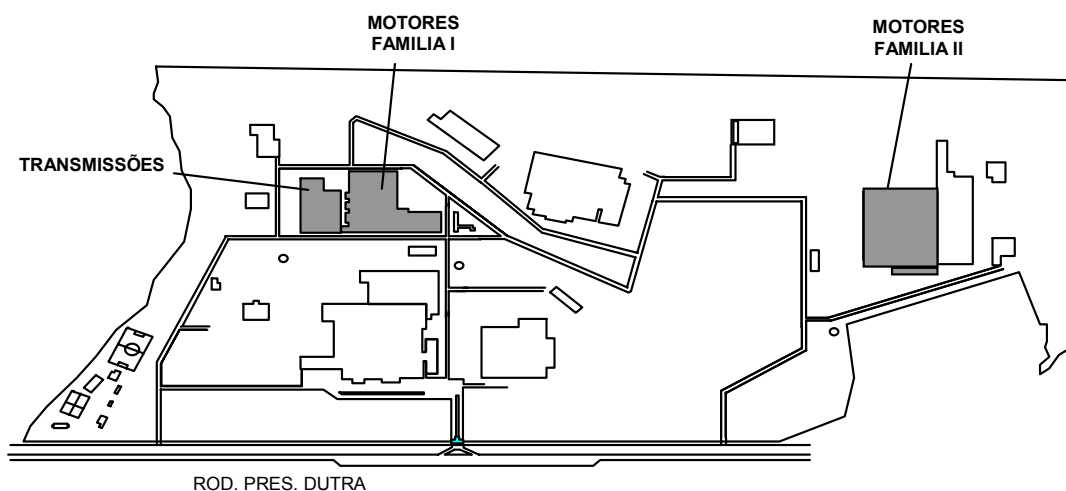


Fig. 1 – Planta baixa das instalações da GM Powertrain em São José dos Campos.

### 1.1.1. História

A empresa foi criada em março de 1959, quando iniciou suas atividades produzindo motores para caminhões em São José dos Campos. Nesta ocasião ela era apenas uma área de manufatura da General Motors do Brasil.

Em 1968, com o lançamento do primeiro automóvel brasileiro da General Motors, o Opala, esta área da GM iniciou a produção dos motores de quatro e seis cilindros, nas mesmas instalações de 1959, onde hoje está instalada a unidade de produção de motores família I.

Em 1973, foi iniciada a produção dos motores para o Chevette e manteve-se até o início da produção dos atuais motores família I para atender a linha Corsa.

Em 1978 surgiu a fábrica de motores família II, no mesmo prédio onde havia sido a Detroit Diesel, uma tentativa fracassada da GM do Brasil de produzir motores diesel. Esta planta foi uma, de um total de três fábricas idênticas, dentro de um projeto global da GM para produzir os recém aprovados motores família II. As outras duas foram instaladas na Alemanha e na Austrália. Desde sua inauguração, os motores atendem o mercado local para veículos Vectra, Astra e S-10, e o mercado de

exportação, como Estados Unidos e Alemanha. Não se pode deixar de citar um antigo sucesso de vendas que revolucionou o mercado brasileiro de automóveis, o Monza, fabricado entre os anos de 1982 até 1996.

Em 1993, surgiu a primeira fábrica brasileira de transmissões, nas antigas instalações das linhas do Chevette e Opala. Foi um projeto que necessitou de uma dedicação especial de todas as áreas da GM, já que se tratava de um produto totalmente novo em suas linhas de produção.

Neste mesmo ano, foi iniciada a transformação da fábrica de motores do Chevette, para a produção dos motores família I, acompanhando a evolução dos automóveis da General Motors.

Em janeiro de 2001 surgiu a FIAT GM Powertrain, resultado de uma *joint venture* mundial entre a FIAT e a General Motors assinada em julho de 2000, englobando as duas unidades de *powertrains* das montadoras, com o propósito de reduzir custos e fortalecer esta área das duas montadoras. Foi dado início ao fornecimento de motores família I de 1.8 litros de cilindrada para a FIAT Automóveis do Brasil, para reduzir o custo com motores importados desta montadora, já que esta não possuía uma fábrica de motores deste porte em suas instalações brasileiras.

Em maio de 2005, com a extinção da união entre a FIAT e a GM, foi criada a GM Powertrain LAAM, uma empresa do grupo General Motors com uma administração independente da montadora, reportando-se ao grupo GM Powertrain nos Estados Unidos. Também se tornou parte desta nova empresa, a fábrica de Motores da planta argentina da GM, em Rosário, que até então fizera parte do grupo da montadora General Motors.

Mesmo desfazendo a aliança estratégica com a FIAT, a GM Powertrain continuará o fornecimento de motores para a FIAT, por um período máximo de cinco anos.

Pode-se afirmar que a GM Powertrain é uma empresa nova, porém com uma experiência de quarenta e seis anos na área de projeto e manufatura de motores e de mais doze anos em transmissões.



### **1.1.2. GM Powertrain no mundo**

A GM Powertrain também funciona como uma organização independente da montadora de veículos nos Estados Unidos. Na América do norte, a GM Powertrain conta com treze fábricas de motores, dez fábricas de transmissões, cinco fundições e quatro fábricas de componentes. Nos EUA, Canadá e México, há um total de nove centros de engenharia.

No mundo todo, a GM Powertrain possui 59.000 funcionários. Está presente em dezoito países, possui vinte e cinco fábricas de motores, vinte de transmissões, nove fundições ou fábricas de componentes e vinte e três centros de engenharia. A GM Powertrain produz 36.000 motores e 32.000 transmissões diariamente no mundo, sendo que os motores a gasolina variam de 1.0 a 8.1 litros de cilindrada e motores diesel de 1.25 a 6.6 litros de cilindrada (GM, relatório interno, 2005).

Com uma administração separada da montadora GM, a empresa é mais focada, ágil e eficiente no seu respectivo ramo de atuação: motores e transmissões. Esta deve ter sido a inspiração para que a filial brasileira continuasse a ser uma organização independente mesmo após a dissolução da *joint venture* com a FIAT.

A GM Powertrain LAAM (compreendendo a região da América Latina, África e Oriente Médio) é formada por três plantas no Brasil e uma na Argentina, sendo as três brasileiras no estado de São Paulo, uma produtiva em São José dos Campos, um centro tecnológico em São Caetano do Sul e um centro de testes e desenvolvimento em Indaiatuba. A quarta planta da empresa, de manufatura de motores, fica na cidade argentina de Rosário e possui uma capacidade instalada de vinte e cinco motores por hora, com dois turnos de funcionamento.

### **1.1.3. GM Powertrain em São José dos Campos**

A planta da GM Powertrain de São José dos Campos conta com áreas de manufatura, manutenção, manuseio de materiais, qualidade, controle de produção e engenharia de manufatura e possui um efetivo de mil e oitocentos e quarenta funcionários, sendo quarenta menselistas administrativos e técnicos, oitenta supervisores, cento e vinte coordenadores de times e mil e seiscentos funcionários horistas.

A gama de produtos é extensa: a empresa produz cerca de cento e trinta tipos diferentes de motores e trinta de transmissões. Pode-se agrupar os motores em dois grupos denominados família I e família II, de acordo com suas dimensões e cilindradas. Os motores família I contemplam os motores 1.0, 1.4, 1.6 e 1.8 litros de cilindrada. Já os motores família II, contemplam os motores maiores, de 1.8, 2.0, 2.2 e 2.4 litros de cilindrada. Em ambas as famílias existe a possibilidade de fabricação de motores com oito ou dezesseis válvulas. Os motores família II de 1.8 litros estão saindo de produção, visto que os motores família I já alcançaram esta cilindrada.

A capacidade instalada da planta é de aproximadamente 546.000 motores família I, 312.000 motores família II e 416.000 transmissões por ano.

São fabricadas quatro famílias de transmissões em São José dos Campos. Esta classificação é feita de acordo com o torque do motor no qual ela será montada. A primeira família é denominada F15, que suporta um torque de até 150 Nm e é destinada a exportação, com aplicação nos motores 1.0, 1.4 e 1.6 litros de cilindrada. A segunda família é denominada F17, que suporta um torque de até 170 Nm e é destinada para o mercado local, com aplicação nos motores 1.8 litros de cilindrada. A terceira família é denominada F17 *Minus*, que tem a sua faixa de trabalho recomendada entre 150 e 170 Nm e também é destinada para o mercado local, com aplicação nos motores 1.0 litros de cilindrada do tipo *Very High Compression* (VHC). Finalmente, a quarta família, denominada F17 *Plus*, suporta um torque acima de 170 Nm, que é o caso dos motores 2.0 e 2.2 litros de cilindrada.

## **1.2. Cenário atual da indústria automobilística no Brasil**

O Brasil está vivendo, desde o ano de 1990, a abertura do mercado para produtos importados e o estabelecimento de novas empresas multinacionais. Neste período foi iniciada uma relação comercial aberta com o resto do mundo. O país tem se mostrado apto a competir em outros países, em termos de produtos e serviços e vice-versa, ou seja, produtos e serviços de outros países chegam continuamente ao mercado brasileiro.

Segundo Sortino (2005), no início desta abertura de mercado, a indústria nacional se encontrava com um grande atraso tecnológico em relação aos países mais desenvolvidos. Algumas empresas não sobreviveram, visto que seus produtos eram mais caros e menos atraentes para o mercado brasileiro. Outras conseguiram reagir a tempo, através de alianças estratégicas e capacitação de seus profissionais.

Muitas empresas multinacionais, viram no Brasil um mercado novo e em crescimento e começaram a instalar filiais em nosso país. A indústria automobilística brasileira contava com cinco montadoras no ano de 1990 e em 2003 já possuía treze fabricantes diferentes (Anfavea, 2005).

No caso da General Motors, seus concorrentes diretos passaram de quatro para doze em alguns anos. Isto exigiu da GM, o desenvolvimento de uma forte estratégia para que seus produtos não fossem preteridos por outros mais baratos, avançados e/ou inovadores colocados em circulação por seus novos concorrentes. A GM Powertrain compreendendo esta necessidade da GM, ficou preocupada e solidária com o sucesso e a sobrevivência de seu maior cliente. A sobrevivência da GM Powertrain depende exclusivamente da sobrevivência e sucesso da GM.

Nas estratégias adotadas pela GM, a GM Powertrain sempre será sua parceira, pois essa contribui de forma importante no tocante à inovação tecnológica e redução de custos nos veículos. Existe a necessidade da GM Powertrain melhorar continuamente seus processos e produtos, pois isto é uma questão de sucesso ou fracasso no mercado atual brasileiro, repleto de produtos similares de qualidade, preços equivalentes e de concessionários empenhados em vender seus veículos.

### **1.3. Resultados da GM Powertrain de São José dos Campos**

A sobrevivência de uma empresa depende de seus resultados. Tais resultados são monitorados pela sua direção e quando estes não satisfazem o esperado, ou seja, seus objetivos não são atingidos, ações corretivas devem ser tomadas.

Dentro da GM Powertrain de São José dos Campos existe uma forma de análise de desempenho da unidade que é feita através de relatórios mensais sucintos, os quais

são enviados para a matriz nos EUA. Nestes relatórios são apontadas cinco categorias de indicadores: Segurança, Qualidade, Financeiro, Produtividade e Desenvolvimento organizacional. Apresenta-se a seguir uma breve descrição de cada categoria.

a) Segurança:

Este item é constituído de dois indicadores: o primeiro é o número de acidentes de trabalho com o afastamento do funcionário de suas atividades e o segundo é o número de acidentes de trabalho sem o afastamento do funcionário. Estes dois indicadores são calculados em função das horas trabalhadas por seus funcionários, assim fábricas de diferentes tamanhos e turnos podem ser comparadas;

b) Qualidade:

Os indicadores que analisam o item qualidade são: número de consertos efetuados pela rede de concessionários com o produto ainda em garantia, nos primeiros dois meses de uso; produtos que foram devolvidos ou retrabalhados no cliente; produtos retrabalhados nas linhas de montagem da empresa e número de ocorrências de campanhas envolvendo retenção de estoque ou seleção de produtos acabados no cliente ou na própria empresa;

c) Financeiro:

O atendimento ao orçamento mensal de mão de obra e material diretos e orçamento mensal total, custo unitário de seus produtos, dias de inventário e valor deste inventário são monitorados neste item do resultado da empresa;

d) Produtividade:

Os indicadores que formam este item são as horas trabalhadas por produto produzido, o Índice de Performance Global (I.P.G.) das linhas de montagem e de usinagem da empresa e o atendimento em quantidade ao programa de produção de motores e transmissões montados.

A forma de cálculo do índice de performance global é mostrada a seguir.

Segundo Yoshikazu & Osada (2000), o I.P.G. é o indicador de desempenho das máquinas e equipamentos, através do qual podem ser percebidas as perdas no processo produtivo. As perdas mais comuns no processo produtivo são decorrentes de quebras de máquinas, tempo de parada das máquinas para realização de *setup* ou ajustes, operação em vazio, pequenas paradas, redução da velocidade da máquina, fabricação de produtos defeituosos e perdas durante o início da produção.

Segundo IM&C (1995), o I.P.G. é calculado para cada máquina existente na empresa e é composto pela multiplicação de três indicadores:

O primeiro é o índice do tempo operacional (I.T.O.), o qual subtrai o tempo gasto com quebras, ajustes e *setups* realizados nas máquinas do tempo disponível para produção (que é chamado tempo de carga) e a sua fórmula de cálculo está mostrada na eq.(1).

$$I.T.O. = \frac{\text{tempo de carga} - \text{tempo de parada}}{\text{tempo de carga}} \quad (1)$$

O segundo índice que forma o I.P.G. é o índice de performance operacional (I.P.O.), o qual contempla a operação da máquina em vazio, pequenas paradas e reduções em sua velocidade. A forma de cálculo está mostrada na eq.(2).

$$I.P.O. = \frac{\text{ciclo teórico} \times \text{quantidade de produtos}}{\text{tempo de operação}} \quad (2)$$

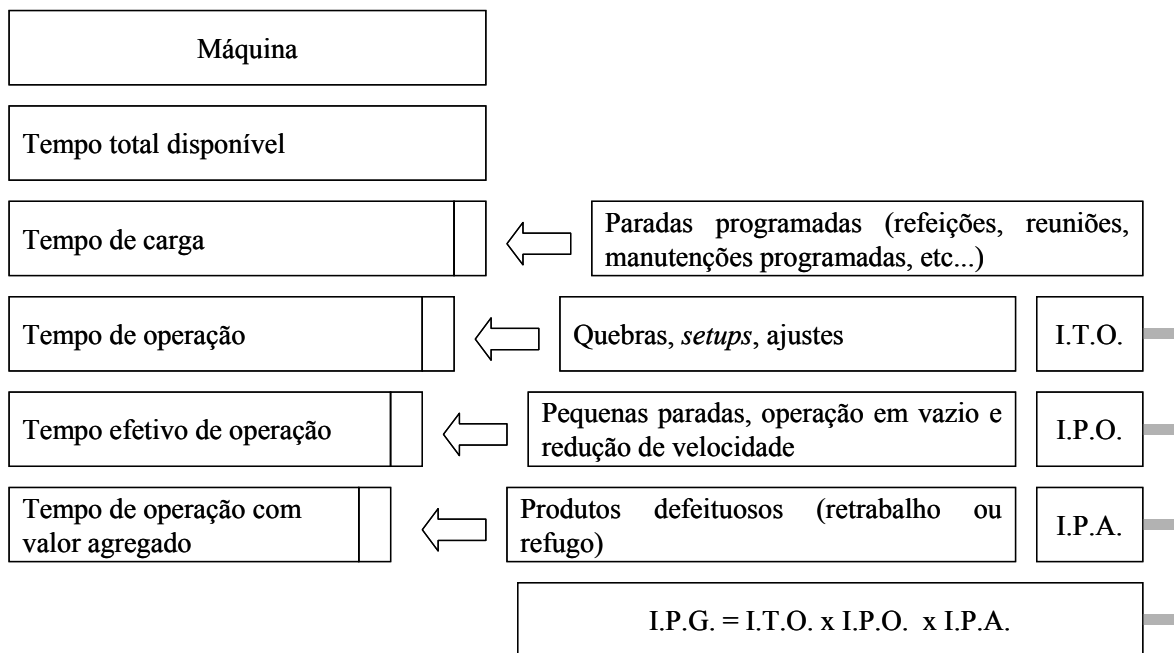
O último índice que forma o I.P.G. é o índice de produtos aprovados (I.P.A.), o qual mede a qualidade das peças fabricadas, descontando-se as peças produzidas com defeitos. A forma de cálculo está mostrada na eq.(3).

$$I.P.A. = \frac{\text{produtos fabricados} - \text{produtos defeituosos}}{\text{produtos fabricados}} \quad (3)$$

Desta forma, o índice de performance global é calculado da seguinte forma, mostrada na eq.(4).

$$I.P.G. = I.T.O. * I.P.O. * I.P.A. \quad (4)$$

A figura 2 mostra um esquema do cálculo do I.P.G. para uma máquina da empresa.



Fonte: GM, 2004.

Fig. 2 – Esquema de cálculo do I.P.G.

e) Desenvolvimento organizacional:

Neste item são monitorados os valores da folha de pagamento dos funcionários horistas e mensalistas, a porcentagem de absenteísmo de seus funcionários, quantidade de sugestões emitidas no ano por funcionário e a respectiva taxa de implementação destas sugestões.

Os resultados atuais da GM Powertrain, em termos de atendimento aos objetivos pré-definidos, estão mostrados na tabela 1 para o mês de outubro de 2004, quando este trabalho começou a ser desenvolvido. Adotou-se uma simbologia para apresentar os resultados, pois os valores numéricos são de propriedade da GM Powertrain e, portanto, confidenciais.

Como pode-se observar na tabela 1, existem indicadores que estão aquém dos objetivos pré-definidos e, por esta razão, a empresa necessita melhorar os resultados.

Tabela 1 – Relatório mensal de resultados em Outubro de 2004.

<b>Item</b>	<b>Indicador</b>	<b>Status</b>
Segurança	acidentes com afastamento	X
	acidentes sem afastamento	X
Qualidade	garantia dois meses de uso	O
	produtos devolvidos pelo cliente	X
	produtos retrabalhados no cliente	X
	número de campanhas	O
Financeiro	orçamento mensal - mão de obra	Δ
	orçamento mensal - material direto	Δ
	orçamento mensal – total	Δ
	custo unitário de seus produtos	Δ
	dias de inventário	*
	valor de inventário	*
Produtividade	horas trabalhadas por produto produzido	X
	I.P.G. – montagem	Δ
	I.P.G. – usinagem	X
	atendimento ao programa de produção	Δ
Desenvolvimento organizacional	valores da folha de pagamento dos funcionários horistas	X
	valores da folha de pagamento dos funcionários mensalistas	O
	porcentagem de absenteísmo de seus funcionários	Δ
	quantidade de sugestões por funcionário	O
	taxa de implementação de sugestões	O

Fonte: GM Powertrain, 2004.

A simbologia utilizada na tabela 1 é a seguinte:

O - Objetivo foi alcançado;

$\Delta$  - Objetivo ainda não alcançado, mas está até 10% próximo à meta;

X - Objetivo não alcançado;

\* - Indicador ainda não monitorado.

#### **1.4. Justificativa para o trabalho**

A GM Powertrain possui diretrizes para implantação de uma estratégia de manufatura enxuta oriunda do grupo General Motors chamada GMS, do inglês, *Global Manufacturing System*, ou Sistema Global de Manufatura. Os conceitos deste sistema ainda estão em fase de implantação em todas as plantas da GM Powertrain no Brasil, visto que a decisão de utilizar este sistema foi tomada no início do ano de 2004. As plantas da GM Powertrain em outros países já estão mais adiantadas na utilização das ferramentas da manufatura enxuta, como as dos Estados Unidos e da Argentina.

Pelo fato do GMS ser um sistema complexo, a sua implementação é demorada. Por outro lado, a necessidade de melhorias a curto prazo, oriundas desta implantação, é premente em função do desempenho atual da GM Powertrain observado na tabela 1. Por esta razão, este trabalho irá relacionar as ferramentas da manufatura enxuta que podem melhorar o desempenho da GM Powertrain em setores que necessitam de melhorias rápidas, guiando assim a implementação do GMS.



## CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. A Manufatura Enxuta

Segundo Ohno (1997), o preço de venda de um produto, na lógica tradicional, é definido através da somatória do seu custo de produção e o lucro que a empresa deseja obter na sua venda, como mostrado na eq.(5).

$$\text{Preço} = \text{Custo} + \text{Lucro} \quad (5)$$

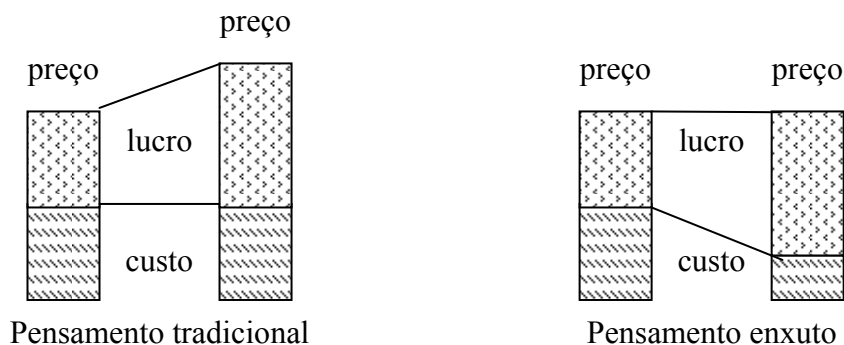
Segundo esta lógica, se a empresa desejasse aumentar seus lucros, o preço para o cliente também deveria ser elevado, já que dificilmente seriam reduzidos os custos de produção. Em outras palavras, tanto os aumentos no custo quanto no lucro desejado seriam pagos pelo consumidor, via aumento do preço do produto.

No pensamento enxuto, de acordo com Shingo (1996), utilizado como fundamento para este trabalho, esta forma de pensar é condenada e é definida uma outra lógica para a composição do preço de um produto, como mostrado na eq.(6).

$$\text{Preço} - \text{Custo} = \text{Lucro} \quad (6)$$

Já que a concorrência é forte no mercado atual, o consumidor possui mais opções para produtos similares de diferentes fabricantes. Portanto, o preço não pode ser aumentado indiscriminadamente, pois há o risco de perda de clientes. Existe a necessidade das empresas aplicarem uma gestão que maximize seus lucros através da redução do custo de produção. Esta é a única forma de sobrevivência no mercado atual tão competitivo.

Na figura 3, pode-se observar mais facilmente estas duas formas de pensamento.



Fonte: GM, 2005.

Fig. 3 – Formas de pensamento para formação de lucros em uma empresa.

Segundo Womack; Jones; Roos (1992), durante um longo período, no início do século passado, acreditava-se que a produção em grandes lotes minimizasse os custos de produção, e tinha-se como grande exemplo da eficiência desta metodologia de produção, a Ford e seu inovador, para a época, sistema de produção de veículos em massa.

Segundo Shingo (1996), a primeira empresa que questionou os resultados e a eficiência do sistema de produção em massa foi a Toyota Motor Company no início dos anos 50, em função do Japão estar passando por dificuldades em sua economia de pós-guerra. Naquela época, Taiichi Ohno e Eiji Toyoda começaram a trabalhar no desenvolvimento do Sistema Toyota de Produção, em busca de uma saída para a crise que a Toyota estava passando: eles não tinham idéia do impacto das mudanças que seus novos conceitos causariam nos sistemas produtivos do mundo inteiro. Estava criada a manufatura enxuta ou em inglês “*lean manufacturing*”.

“A produção enxuta (esta expressão foi definida pelo pesquisador John Krafcik do IMVP (*International Motor Vehicle Program*) é ‘enxuta’ por utilizar menores quantidades de tudo em comparação com a produção em massa: metade do esforço dos operários na fábrica, metade do espaço para fabricação, metade do investimento em ferramentas, metade das horas de planejamento para desenvolver novos produtos em metade do tempo. Requer também bem menos de metade dos estoques atuais no

local de fabricação, além de resultar em bem menos defeitos e produzir uma maior e sempre crescente variedade de produtos.” (WOMACK; JONES; ROOS, 1992, p.3-4)

Hoje, empresas do mundo todo nos mais diferentes ramos de negócios utilizam as ferramentas desenvolvidas por Ohno em todas as suas atividades, com o objetivo de aumentar seus ganhos através da eliminação de desperdícios ao longo de seus processos produtivos. Segundo Scuccuglia; Lima (2004), as empresas, além de melhorarem seus processos, produtivos, estão em busca de alternativas para otimizar seus processos administrativos, visando melhorar o atendimento aos clientes e agilizar estes processos.

Segundo Blaxill & Hout (1991), considerando-se apenas a visão da fábrica, pode-se afirmar que somente através de processos de manufatura controlados, sincronizados e integrados, as empresas podem ter custos baixos e serem viáveis economicamente. Entende-se por processos controlados e integrados, com alta qualidade, melhor tempo de ciclo, bem entendidos, sob controle e suficientemente flexíveis.

Segundo Salerno et al. (1998), a escolha de um produto oferecido por diferentes fornecedores é feita pelo cliente levando em consideração diversos fatores: em primeiro lugar, o preço, seguido pela qualidade (definida por certificações, auditorias e histórico de problemas), bem como pelo grau de atendimento aos prazos de entrega fixados e finalmente, pela tecnologia oferecida.

A manufatura enxuta se preocupa em reduzir os custos de produção, permitindo à empresa atender rapidamente os pedidos de seus clientes com preço competitivo e produtos de qualidade. Segundo Mishina (1995), os objetivos da empresa japonesa Toyota sempre foram produzir veículos para atender às diversas preferências de clientes, sem problemas de qualidade e também entregar veículos por um preço competitivo no momento exato.

A manufatura enxuta teve início no Japão há pelo menos cinquenta anos. No Brasil, embora haja vasta literatura nesta área, é fácil encontrar empresas que ainda não conhecem ou até relutam em utilizar a manufatura enxuta em seus processos produtivos.

### **2.1.1. Engenharia de Produção**

Toda empresa deveria possuir departamentos especializados na sua função, para citar alguns exemplos; a engenharia de produtos deveria ser a melhor em projetos e desenvolvimentos; o setor de compras deveria ter o melhor poder de negociação; a manufatura teria que produzir o que é especificado com o menor custo, com tempo compatível e com melhor qualidade, não se esquecendo do fator segurança de seus funcionários. Para a manufatura é difícil, se não impossível, atingir estes objetivos sem um cuidadoso planejamento do setor da engenharia de produção.

A engenharia de produção tem a função de orientar o chão de fábrica para atingir os objetivos da empresa por um preço competitivo e entrega do produto no momento exato.

Segundo Ohno (1997), não tem sentido existir uma engenharia de produção sem redução de custos e aumento da produtividade. O método de manufatura deve ser constantemente melhorado.

A engenharia de produção deve ser capaz de dar as ordens na gestão da produção para os diversos departamentos produtivos da empresa. Também deve possuir a capacidade de aprender novas técnicas dentro ou fora da empresa: são as chamadas melhores práticas. Seminários, literatura especializada, cursos profissionalizantes, visitas a fornecedores são algumas das formas de aperfeiçoar os funcionários da empresa fora de seu local de trabalho. Porém, uma empresa disposta a aprender o que existe de melhor em gestão da produção somente terá sucesso se, e somente se, implementar corretamente os conceitos aprendidos.

Existem dois pilares que suportam a filosofia da manufatura enxuta: automação e *just-in-time* (Ohno, 1997).

### **2.2. Automação**

Segundo Ohno (1997), o *jidoka*, traduzido para o português como automação, é a atividade responsável por dotar as máquinas de inteligência semelhante à humana. Desta forma, as mesmas seriam capazes de prever problemas e evitar que peças com

defeito sejam produzidas. Esta “inteligência” dada às máquinas também é utilizada para evitar altos tempos de paradas na produção, já que os operadores são avisados rapidamente para tomada imediata de ação. A autonomia também tem o objetivo de reduzir o número de peças com defeito e de operadores ao longo do processo produtivo, já que as máquinas são capazes de tomar decisões, monitorar variáveis e operar longos períodos sem a intervenção de operadores.

Com a autonomia, o Sistema Toyota de Produção expõe os problemas que ocorrem no processo produtivo, com o objetivo de encontrar a verdadeira causa do problema, para que seja eliminada a possibilidade de repetição desta ocorrência através da melhoria das máquinas.

Segundo Mishina (1995), a função da autonomia é fazer qualquer problema de produção evidente por si só e parar a produção quando problemas forem detectados, em outras palavras, a autonomia visa construir a qualidade na operação onde o produto nasce e não em estações de verificação que rejeitam ou aprovam produtos prontos.

### **2.3. Just-in-time**

O principal conceito da manufatura enxuta é produzir somente o que o cliente deseja no momento exato que ele precisa.

Este conceito deve ser repassado ao longo do processo produtivo da empresa, onde cada processo subsequente é considerado cliente para o processo precedente. Sendo assim, a produção puxada está caracterizada, o processo subsequente retira uma peça no processo precedente e faz com que este produza uma nova peça para repor aquela que foi retirada. Se para produzir esta peça, este também fez uma retirada em seu respectivo processo precedente, este último também deverá repor a retirada e assim sucessivamente até o primeiro processo.

No sistema empurrado, presente em empresas que não utilizam o conceito de manufatura enxuta, o processo precedente produz o quanto consegue e entrega as peças em grande quantidade para o processo subsequente, mesmo sem necessidade alguma, causando assim inventários desnecessários. Estas grandes quantidades de

peças em processo trazem alguns pontos desfavoráveis para a manufatura, por exemplo, áreas necessárias para armazenagem de peças, excesso de manuseio e as ineficiências do processo produtivo são ocultadas ao invés de eliminadas.

O Sistema Toyota de Produção criou o sistema *just-in-time*, para caracterizar a produção puxada, com o propósito de eliminar todas as conseqüências negativas do sistema empurrado.

O *just-in-time* é uma estratégia de produção com o objetivo de reduzir custos totais e melhorar a qualidade do produto: visa obter uma racionalização da produção e “em termos de utilização de materiais no processo produtivo, significa a peça certa, no momento certo, na quantidade certa e no local certo” (LARA JR., 1990).

A produção com estoque zero e a sua entrega sincronizada de acordo com a necessidade de cada cliente é o objetivo final da manufatura enxuta, eliminando o desperdício da superprodução. Os tipos de desperdícios serão apresentados no item 2.4.2. Para que isto ocorra em qualquer empresa, algumas ações devem ser tomadas, visto que qualquer tentativa de se produzir utilizando o *just-in-time* sem um devido planejamento causa problemas ainda maiores na produção e entregas de produtos.

Segundo Ohno (1997), não é desejável ter enormes quantidades de peças ao longo do processo, muito menos acumulá-las em estoques intermediários. Produzindo quando não é preciso, o inventário é aumentado e este fato impede que os operadores façam melhorias no processo ou ajudem outros operadores que estão em dificuldades. Para Ohno (1997), isto é denominado “campanha de assistência mútua”.

Segundo Shingo (2000), os estoques podem aparecer para compensar quebras de máquinas, produtos defeituosos, quando as operações são realizadas em grandes lotes em casos que os tempos de *setup* são longos, quando o gerenciamento da produção é deficiente, quando há espera provocada pela inspeção ou transporte, quando a demanda é flutuante ou até mesmo quando os ciclos de produção não são balanceados entre os processos ou a entrega. Neste caso o comodismo de se ter um estoque atrapalha na identificação da causa de um problema e sua respectiva solução.

Ainda segundo Shingo (2000), existem três estratégias para se atingir o ideal de produção com estoque zero. A primeira é reduzir os ciclos de produção, a segunda é eliminar as quebras, atacando as causas raiz dos problemas e a última é reduzir os tempos de *setup* para menos de dez minutos, o que possibilita a produção em pequenos lotes, respondendo rapidamente às flutuações na demanda.

De acordo com Mishina (1995), o primeiro princípio do *just-in-time* é o denominado *heijunka*, ou seja, o nivelamento da produção, e o segundo princípio é o uso dos cartões *kanban*. Somente estes cartões disparam a produção de cada peça e, neste caso, o programa de produção pode ser ignorado.

A produção nivelada e o *kanban*, que compõem o *just-in-time*, serão descritos a seguir.

### **2.3.1. Produção nivelada**

Segundo Rother; Shook (2003), grande parte dos departamentos de uma empresa considera mais fácil programar grandes quantidades de peças de um mesmo modelo ou tipo de produto e evitar trocas no processo produtivo. Porém, agrupar produtos iguais e produzi-los de uma só vez, dificulta o atendimento de clientes que desejam outros produtos diferentes dos que estão sendo produzidos no momento. Um meio de atendê-los é aumentar o estoque de produtos acabados, mas, como já apresentado no item 2.3, esta solução aumenta os custos de produção.

Segundo Rother; Shook (2003), nivelar o *mix* de produção significa distribuir uniformemente a produção dos diversos modelos ou tipos de produtos durante um período de tempo.

Por exemplo, ao invés de produzir o modelo A nas primeiras duas semanas do mês e o modelo B nas duas últimas, a empresa pode produzir ambos os modelos toda semana, por exemplo, na segunda-feira, terça-feira e na parte da manhã de quarta-feira produzir o modelo A e no restante da semana o modelo B. Isto fará com que os estoques durante todo o processo produtivo sejam reduzidos e melhorará a performance de atendimento dos clientes. A figura 4 mostra a idéia deste nivelamento da produção.

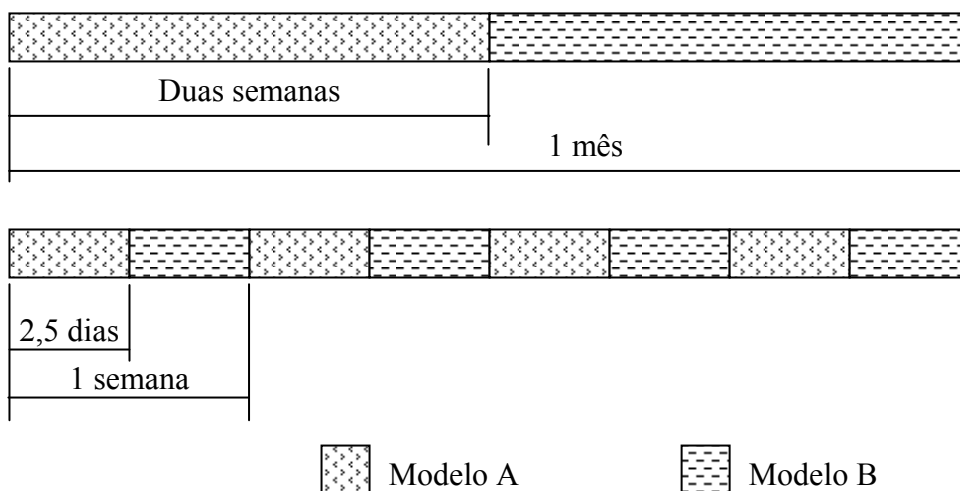


Fig. 4 – Idéia de nivelamento da produção.

“Flexibilize a produção para atender as demandas de qualquer produto, em qualquer quantidade, a qualquer momento” (LARA JR.,1990).

Se os processos são mais flexíveis, com trocas de modelos e/ou ferramentas mais rápidas que no exemplo anterior, então, ao invés de produzir o modelo A durante metade da semana e o modelo B na outra metade, deve-se produzir ambos os modelos todo dia, por exemplo, na parte da manhã produzir o modelo A e na parte da tarde o modelo B, ou seja, produzir toda peça fabricada todos os dias. Os benefícios com relação ao exemplo anterior serão ainda maiores. A tabela 2 mostra um exemplo deste nivelamento da produção, considerando um mês de quatro semanas e uma semana de cinco dias.



Tabela 2 – Nivelamento da produção.

Um lote de cada modelo por mês		⇒	Um lote de cada modelo por semana		⇒	Um lote de cada modelo por dia	
Modelo	Tamanho do lote		Modelo	Tamanho do lote		Modelo	Tamanho do lote
A	1000		A	250		A	50
B	1000		B	250		B	50
1 lote grande por mês			4 lotes pequenos por mês			20 lotes menores por mês	
Produção não enxuta			Melhor situação			Situação muito melhor	

Fonte: Miyake, 2004

Seguindo o raciocínio de redução contínua de estoque e nivelamento da produção em tempos cada vez menores, pode-se utilizar o nivelamento para uma hora de produção. Por exemplo, toda peça fabricada a toda hora. Ainda assim, se o processo produtivo for melhorado e mais flexibilizado, o nivelamento pode ser realizado a cada produto produzido, ou seja, utilizar tamanho de lote unitário, como mostrado na figura 5. As vantagens serão ainda maiores para o processo produtivo e também para os clientes.

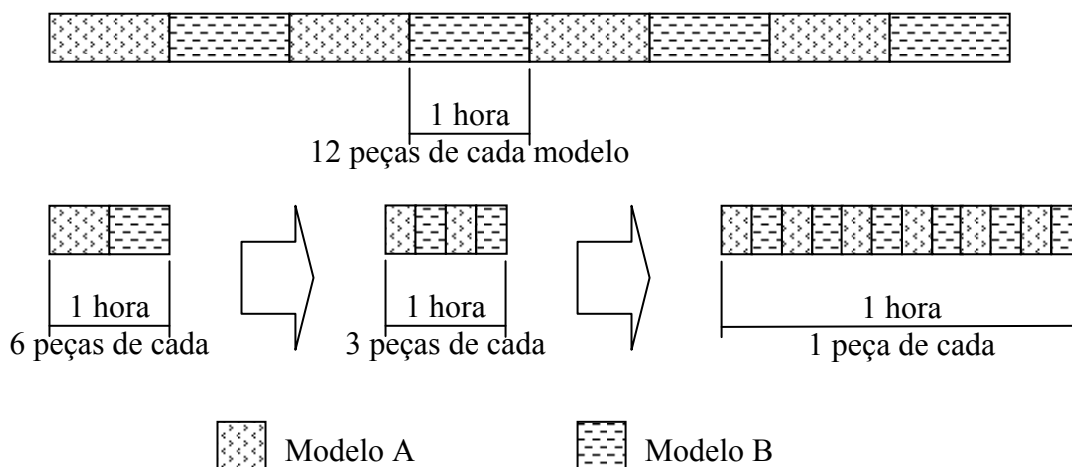


Fig. 5 – Nivelamento da produção em tempos cada vez menores.

Segundo Lara Jr. (1990) o princípio da produção e transporte unitário afirma que: “use um e faça um”. O tamanho ideal do lote é apenas para atender necessidades imediatas; com isto tem-se o princípio do estoque mínimo que se relaciona com a eliminação de estoques.

De acordo com o mesmo autor, para nivelar a produção em lotes cada vez menores, deve-se realizar o *setup* com um dígito de tempo; no Sistema Toyota de Produção tal procedimento é denominado troca rápida de ferramentas e será descrito no item seguinte.

Para uma maior eliminação de desperdícios, principalmente o de superprodução, é necessário reduzir o tamanho dos lotes de produção. O sistema de troca rápida de ferramentas é recomendado nesta situação. (Shingo, 2000)

### **2.3.1.1. Troca Rápida de Ferramentas**

A flexibilização das máquinas e dos processos é essencial para a redução contínua dos estoques e a implementação da produção puxada, porém esta flexibilização deve ser acompanhada de maior velocidade nas trocas de modelos e de ferramentas. Por definição, é necessário produzir somente o que o cliente deseja e no momento correto; portanto a linha de produção deve ser flexível o suficiente para produzir os diversos modelos em qualquer quantidade e a qualquer momento.

Entende-se por *setup*, toda atividade necessária para realizar a preparação de uma máquina (ITA, 2003), por exemplo, troca de ferramenta, de dispositivo, de modelo a ser produzido ou qualquer outra atividade necessária para dar seqüência no seu funcionamento.

Segundo Shingo (2000), a eq. (7) é utilizada para o cálculo do tempo de ciclo real.

$$T_{\text{ciclo}_{\text{real}}} = T_{\text{ciclo}} + (T_{\text{setup}} / \text{Lote}) \quad (7)$$

Onde:

$$T_{\text{ciclo}_{\text{real}}} = \text{Tempo de ciclo real}$$

$T_{ciclo}$  = Tempo de ciclo de operação

$T_{setup}$  = Tempo de *setup*

Lote = Quantidade de peças no lote produzido ou a produzir

A tabela 3 mostra três situações para o mesmo tempo de *setup* onde foram calculados os tempos de ciclo reais, ou seja, somando-se, ao tempo de ciclo da operação, a respectiva parcela de contribuição do tempo de *setup*, diluído no número de peças produzidas até o próximo *setup*, adotado aqui como lote de produção.

O impacto de tempos de *setup* nos tempos de ciclo na operação considerada, desta forma, é observado através da diminuição do tempo de ciclo da operação, proporcionalmente ao aumento do tamanho do lote.

Tabela 3 – Contribuição de um tempo de *setup* de 4 horas no tempo de ciclo de uma operação.

Tempo de ciclo (segundos)	Tempo de <i>setup</i> (horas)	Lote de produção (peças)	Tempo de ciclo real (segundos)
60	4	100	204
60	4	1.000	74,4
60	4	10.000	61,44

Fonte: Shingo, 2000

Pode-se notar que para um mesmo tempo de *setup*, quanto maior é o tamanho do lote de produção, menor é o tempo de ciclo real. Talvez, por este motivo, a produção em grandes lotes tem sido tão incentivada nos processos produtivos ao longo da história.

Com um número maior de peças produzidas e tempo de ciclo real mais baixo, a capacidade produtiva de uma operação é próxima da máxima, diminuindo-se as perdas por motivo de *setup*.

Se for entendido que a verdadeira causa do problema é o tempo alto de *setup* e esforços forem feitos para se reduzir este tempo, o tamanho do lote de produção não

mais influenciará tão significativamente no tempo de ciclo real da operação. A tabela 4 mostra o mesmo cálculo da tabela 3, mas para um tempo de *setup* de 9 minutos ao invés de 4 horas.

Tabela 4 – Contribuição de um tempo de *setup* de 9 minutos no tempo de ciclo de uma operação.

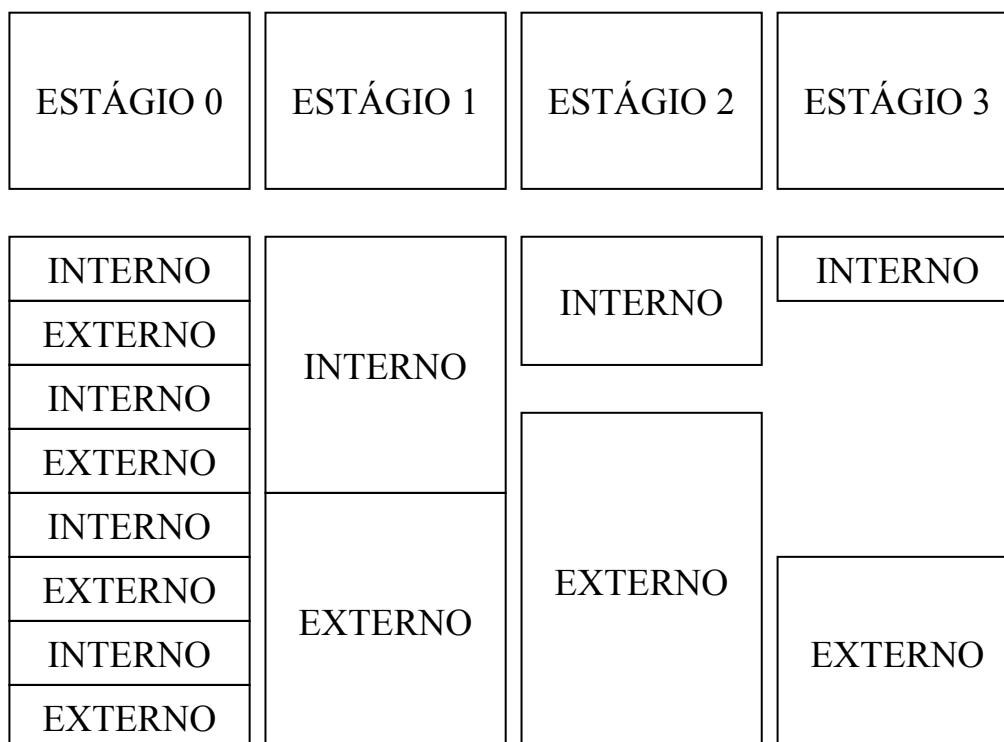
Tempo de ciclo (segundos)	Tempo de <i>setup</i> (minutos)	Lote de produção (peças)	Tempo de ciclo real (segundos)
60	9	100	65,4
60	9	1.000	60,54
60	9	10.000	60,054

Para o exemplo da tabela 4, um lote de cem peças pode ser produzido com um tempo de ciclo real apenas 9% maior que o tempo de ciclo original de 60 segundos, considerando-se um tempo de *setup* de 9 minutos, o que não penaliza a produtividade da operação.

Já pela tabela 3, com um tempo de *setup* de 4 horas, o tempo de ciclo real é 240% maior que o original para o mesmo lote de 100 peças, o que inviabiliza a produção em um lote deste tamanho.

Analisando a equação 1, é mais cômodo, para a operação da fábrica trabalhar com o denominador (tamanho do lote) elevado, porém estas ações contrariam os conceitos da manufatura enxuta e seus benefícios. A única maneira que resta para um menor resultado da equação (tempo de ciclo real) é diminuir o tempo de *setup* (numerador). Este foi o entendimento de Taiichi Ohno e Shigeo Shingo, na década de 50.

Após a definição destas prioridades, o próximo passo é começar a redução contínua dos tempos de *setup*. Segundo Shingo (2000), a metodologia para a redução destes tempos nas máquinas selecionadas está esquematizada na figura 6.



Fonte: Shingo, 2000.

Fig. 6 – Estágios para implementação de troca rápida de ferramenta.

Existem quatro estágios no processo de troca rápida de ferramentas (Shingo, 2000) que estão descritos a seguir.

O primeiro estágio, denominado estágio 0, consiste em utilizar um formulário específico para realizar um primeiro levantamento dos elementos que constituem o *setup* e seus respectivos tempos.

Com cada elemento documentado, é possível separá-los entre os dois tipos distintos de *setup*: o externo e o interno. O *setup* externo é toda atividade que pode ser executada com a máquina em funcionamento, sem necessidade da mesma estar parada, por exemplo, pegar uma ferramenta no almoxarifado e posicioná-la junto à máquina ou então limpar uma fixação que será montada na máquina. Já o *setup* interno exige que a máquina esteja parada para que seja possível a execução desta tarefa, como, por exemplo, a troca de uma fresa no cabeçote da máquina ou a retirada de uma fixação para substituição por uma outra.

Este conceito parece simples, mas a maioria das empresas não organiza o *setup* desta maneira e outras não têm a disciplina para execução do *setup* de uma forma sistematizada. Segundo Shingo (2000), através da separação e organização das operações externas e internas, o tempo de *setup* interno, que é realizado com a máquina parada, pode ser reduzido de 30 a 50%.

O segundo estágio, denominado estágio 1, consiste na elaboração de um procedimento escrito e bem detalhado da nova seqüência de elementos para a execução do *setup*, agrupando todos os elementos externos e depois os internos. Os operadores devem entender a razão do procedimento e segui-lo corretamente, somente assim obtém-se o resultado esperado. Se um procedimento de *setup* não pode ser sistematizado em forma de roteiro simples e seqüencial, significa que este procedimento necessita ser melhorado, simplificado e padronizado. São os casos de máquinas que necessitam de operadores especializados para realizar o *setup*, estes casos normalmente são os que possuem o maior tempo de *setup* na empresa e devem ser melhorados de forma que sejam executados pela maioria dos operadores. Assim, a empresa ganha com redução de salários de operadores especializados, pois não necessita mais deles e suas linhas se tornam flexíveis o suficiente para atender a demanda de seus clientes.

No terceiro estágio, denominado estágio 2, é iniciada a transformação de elementos internos em externos, ou seja, modificam-se os elementos para que o operador fique o mínimo de tempo possível com a máquina parada e permite que o maior número possível de elementos sejam realizados com a máquina ainda em funcionamento.

O último estágio, denominado estágio 3, visa a redução dos tempos de *setup* externo e interno, através de melhorias em dispositivos tais como, fixações, operações, etc., onde o ganho em produtividade e flexibilidade é evidente. Segundo Shingo (2000), no Japão só são aceitos tempos de *setup* menores que dez minutos; enquanto uma máquina não atinge este objetivo, os trabalhos de melhoria não cessam.

Um exemplo clássico de sucesso desta técnica é uma parada para troca de pneus e abastecimento de combustível em um carro de *fórmula um*, durante um grande prêmio. Pode-se observar que várias pessoas trabalham juntas, em paralelo, para

executar a tarefa de troca de pneus em um tempo mínimo. Percebe-se que as parafusadeiras e os pneus novos já estão ao lado do veículo quando este pára. Os pneus já estão aquecidos na temperatura ideal para que a primeira volta tenha o mesmo rendimento que qualquer outra. O engate da mangueira de combustível é projetado de uma forma que rapidamente se conecte, abasteça com a quantidade selecionada pela equipe para suportar até a próxima parada ou o final da corrida e se desconecte. Tudo isto faz com que um procedimento de uma hora ou mais fora das pistas seja feito em menos de dez segundos. Isto é uma prova que quando se deseja que uma máquina fique parada o menor tempo possível, a criatividade e disciplina fazem acontecer. Womack; Jones; Roos (1992) citam vários exemplos de sucesso desta técnica, por exemplo, na Toyota, os tempos de trocas de matrizes de prensas, que consumiam da ordem de vinte horas, foram reduzidos para três minutos de máquina parada. Não quer dizer que o *setup* todo dure três minutos, mas sim que o *setup* interno dure três minutos, que é o que realmente afeta o tempo de ciclo real da operação.

A limitação para a frequência de *setups* é dada pelo tempo de *setup* externo, pois enquanto este não for terminado, ainda não se pode parar a máquina para um novo *setup*.

### **2.3.2. Kanban**

“O sistema *kanban* (palavra japonesa para cartão) é um procedimento que utiliza cartões para operar um sistema de puxar, para o controle de materiais, o qual interliga todas as operações de suprimento a uma linha de montagem final” (LARA JR, 1990).

Segundo Lara Jr. (1990), o *kanban* substitui os estoques sem controle por áreas, ao longo do processo produtivo, similares aos supermercados de bens de consumo presentes no comércio de qualquer cidade. Segundo Argenta; Oliveira (2001), o cliente (processo seguinte) vai buscar na prateleira do supermercado, o que ele necessita, no momento exato e na quantidade que ele determina. O dono do supermercado (processo anterior) repõe somente o que foi retirado.

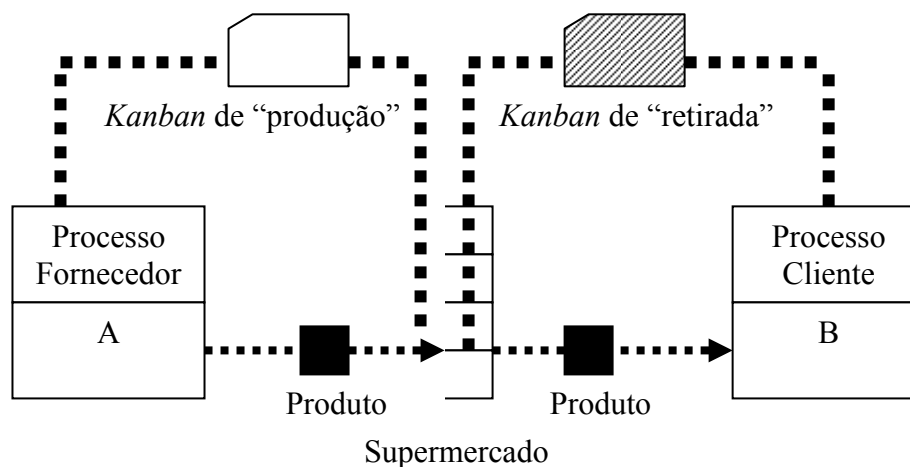
Cada embalagem ou carrinho deve sempre conter a quantidade especificada no *kanban* e suficiente apenas para o consumo no tempo necessário (Lara Jr., 1990).

Segundo Furlan (2005), os cinco elementos críticos que devem conter em um cartão *kanban* são:

- Ponto de uso: Localização onde o componente é usado;
- Ponto de armazenagem: O local onde o componente é armazenado antes de ser enviado para uso, também denominado supermercado;
- Quantidade: Quantidade de peças que a embalagem ou carrinho deve conter;
- Número da peça;
- Descrição da peça.

### 2.3.2.1. Tipos de *kanban*

Segundo Rother; Shook (2003), existem dois tipos de *kanban* no sistema japonês de cartões: o de requisição e o de produção, conforme esquematizado na figura 7.



Fonte: Rother; Shook (2003).

Fig. 7 – Sistema puxado com supermercado e *kanbans*.

O cliente só tem autorização para retirar uma peça do supermercado se ele possuir um cartão *kanban* de requisição; isto acontece quando ele necessita de peças para



montagem de produto ou reposição de supermercado. O cartão *kanban* de requisição é fixado na embalagem da peça desejada por ele, para que ela seja transportada para o ponto de uso. Qualquer transporte sem o cartão de requisição não é permitido.

Porém, antes do transporte da peça requisitada, é necessário retirar o cartão *kanban* de produção fixado na embalagem e colocá-lo à disposição do fornecedor da peça em um local estabelecido previamente.

O fornecedor, de tempos em tempos, verifica a existência de cartões *kanban* neste local determinado. A presença de cartões indica a necessidade de produção da respectiva peça retirada.

A disciplina na utilização dos *kanbans* é fundamental para que o sistema de produção *just-in-time* tenha sucesso. Todos os operadores devem compreender o funcionamento do sistema através de treinamentos específicos e ter disciplina na utilização desta ferramenta.

As regras para utilização do sistema *kanban* são:

- “O processo subsequente (cliente) é quem requisita a retirada no processo precedente (fornecedor);
- Qualquer retirada sem um *kanban* é proibida;
- Qualquer retirada maior que a especificada no *kanban* é proibida;
- O produto físico transportado deve estar sempre acompanhado por um *kanban*;
- O processo precedente (fornecedor) deve produzir seus produtos nas quantidades requisitadas pelo processo subsequente;
- Produção superior à quantidade especificada pelo *kanban* é proibida;
- Produtos fabricados com defeitos não podem ser enviados ao processo subsequente;
- A quantidade de *kanbans* deve ser minimizada.” (MIYAKE, 2004)

### **2.3.2.2. Organização dos cartões *kanban* no processo de produção**

Para um programa de produção nos moldes do *just-in-time*, os cartões *kanban* de produção são organizados num local visível, por exemplo, um quadro, segundo os tipos de peças a serem produzidas (Miyake, 2004). Pode-se utilizar diferentes cores para facilitar a identificação de cada modelo e/ou peça a ser produzido.

Neste trabalho serão mostrados os diversos tipos de cartões *kanban* propostos para a sincronização da produção na área teste.

### 2.3.2.3. Dimensionando o *kanban*

O conceito é simples: a quantidade de peças que está em um equipamento só poderá ser produzida se o processo subsequente retirar este equipamento de um supermercado e entregar um *kanban* no local determinado. O operador localizado próximo a este supermercado ou o encarregado desta área leva este *kanban* no ponto imediatamente anterior ao supermercado para autorizar a produção daquele modelo de peças. Esta autorização é o próprio *kanban*.

Após cada melhoria executada nos processos produtivos, as quantidades de equipamentos e seus *kanbans* devem ser revistas pois, em alguns casos, pode-se reduzir a quantidade de peças em estoque, sem prejudicar o fluxo produtivo da empresa, reduzindo custo e evitando a superprodução. Sem este conceito de redução contínua dos estoques, a empresa não consegue reduções significativas em seus custos.

Não se pode implementar a produção puxada na fábrica somente com a implementação do *kanban*, mas este será muito útil para minimização dos estoques de peças prontas, estoques intermediários e estoques de produtos acabados bem como para otimizar o processo de comunicação entre todas as linhas de produção, sincronizando-as.

Para o cálculo de *kanbans* segundo Miyake (2004) em um sistema de retiradas de quantidades constantes, tem-se a eq (8);

$$N_{kb} = \frac{D_{dia} \times (T_{fab} + T_{esp}) \times (1 + k)}{C_{cont}} \quad (8)$$

Onde:

$N_{kb}$  = Número de kanbans

$D_{dia}$  = Demanda média diária (em unidades)

$T_{fab}$  = Tempo de fabricação (proporção de um dia)

$T_{esp}$  = Tempo de esperas (proporção de um dia)

$K$  = Coeficiente de segurança

$C_{cont}$  = Capacidade do contentor.

#### **2.4. Eliminar desperdícios**

Os tipos de desperdícios foram sistematizados, pela primeira vez, por Taiichi Ohno durante seus trabalhos na Toyota. São eles (Ohno, 1997):

##### 1. Desperdício de superprodução:

Definição: Gerar excesso de peças ou de informações antes do programado ou necessário em um processo. O desperdício de superprodução frequentemente causa outros tipos de desperdícios. (GM, 2004)

“Nunca faça peças desnecessárias apenas para utilizar máquinas ou mão-de-obra disponível. Desloque os operários para produzir o que for necessário e não dispense a mão-de-obra nas quedas de produção/vendas e/ou aumento de produtividade” (LARA JR, 1990).

##### 2. Desperdício de tempo disponível (espera):

Definição: Permanecer em um local fazendo algo que não está relacionado com a sua tarefa principal. É uma maneira improdutiva de se usar o tempo, já que não adiciona valor ao processo. (GM, 2004)

##### 3. Desperdício em transporte:

Definição: Transportar, armazenar ou rearranjar desnecessariamente itens, peças, equipamentos, etc., os quais não são requeridos para produção. (GM, 2004)

4. Desperdício do processamento em si:

Definição: Realizar algo que o cliente não percebe como valor adicionado ao produto. (GM, 2004)

5. Desperdício de estoque disponível:

Definição: Grande quantidade de qualquer coisa que toma espaço, impacta na segurança, causa desperdício de movimento ou desperdício em transporte. (GM, 2004)

6. Desperdício de movimento:

Definição: Movimentos de trabalho desnecessários realizados por um operador ou máquina, que não adicionam valor ao produto. (GM, 2004)

7. Desperdício de produzir produtos defeituosos:

Definição: Fazer algo que requeira movimento, processamento, inventário adicionais e/ou espera. Todas as atividades de correção são oportunidades para eliminar desperdícios. (GM, 2004)

“Para os japoneses o problema primário na indústria de hoje, é o desperdício, o qual se manifesta na forma de inventários excessivos, má qualidade e longos tempos de processamento. Assim, o objetivo deve ser: eliminar o desperdício. Nenhum material deve estar na fábrica, a não ser que esteja sendo consumido”(LARA JR, 1990).

Segundo Ohno (1997), o pior desperdício é o da superprodução. Os problemas devem aparecer e a única forma disso ocorrer é “baixar o nível da represa”, ou seja, produzir o extremamente necessário. Nessa situação, qualquer problema implica num atraso de entrega, ou parada da linha de produção, ambos altamente visíveis à direção da empresa.

“Nunca atrase o programa de produção, mesmo por um dia. Se uma máquina quebrar, interrompa os processos precedentes e subseqüentes para evitar superprodução e gargalos. Faça paradas automáticas de linhas toda vez que existir alguma coisa errada. Sinalize! Torne visíveis os problemas” (LARA JR. 1990).

## CAPÍTULO 3 – O GMS NA GM POWERTRAIN

### 3.1. Panorama mundial da indústria automobilística

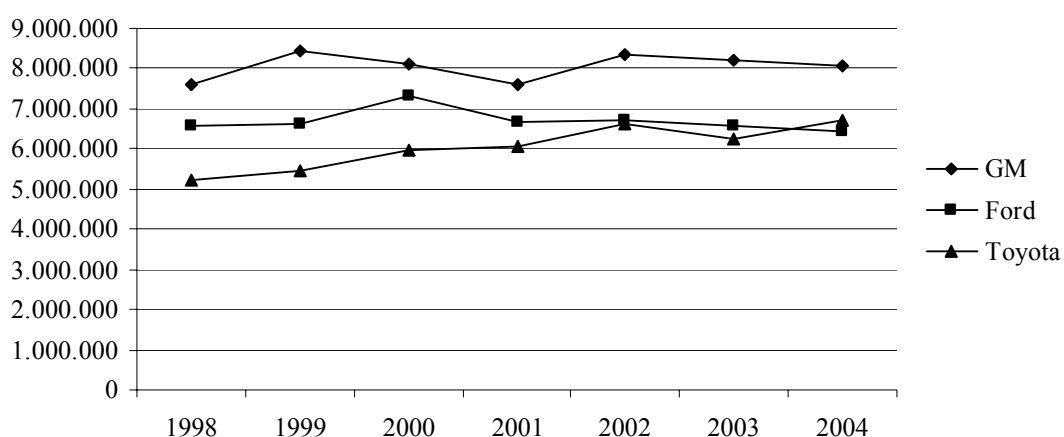
As três montadoras que mais produzem veículos automotores no mundo são, segundo dados fornecidos pela Oica (2005), a GM, a Ford e a Toyota, como pode-se observar na tabela 5.

Tabela 5 – Produção mundial de veículos

Montadora \ Ano	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
GM	7.582.000	8.421.000	8.133.375	7.582.561	8.325.835	8.185.997	8.089.551
Ford	6.556.000	6.638.000	7.322.951	6.676.491	6.729.499	6.566.089	6.432.200
Toyota	5.210.000	5.462.000	5.954.723	6.054.969	6.626.387	6.240.526	6.707.600
Outras	33.639.000	35.488.000	36.981.327	36.011.246	36.628.068	39.606.675	42.842.364
Total	52.987.000	56.009.000	58.392.376	56.325.267	58.309.789	60.599.287	64.071.715

Fonte: Oica, 2005.

Como se pode observar na Fig. 8, a tendência de produção da Toyota, desde 1998 é crescente, enquanto a GM e a Ford têm sua produção estável. Em 2004, a Toyota ultrapassou a Ford, ocupando a segunda posição em termos de quantidade de veículos produzidos no mundo.



Fonte: Oica, 2005.

Fig. 8 – Produção mundial de veículos das três maiores montadoras do mundo.

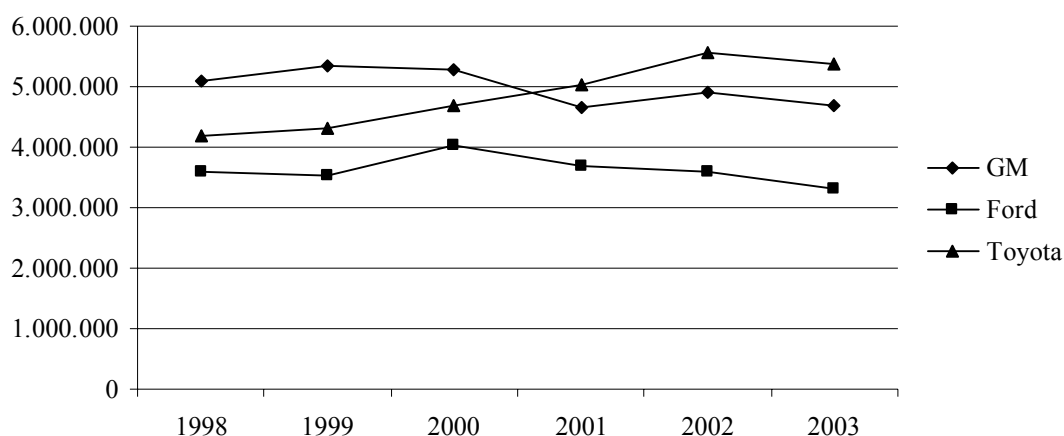
Com relação à produção de veículos de passageiros, observa-se na tabela 6, que a Toyota já ocupa a primeira posição desde 2001.

Tabela 6 – Produção mundial de veículos de passageiros

Montadora \ Ano	1998	1999	2000	2001	2002	2003
GM	5.090.000	5.344.000	5.266.263	4.663.399	4.900.561	4.682.656
Ford	3.600.000	3.534.000	4.038.670	3.699.258	3.606.715	3.320.706
Toyota	4.200.000	4.328.000	4.681.435	5.021.259	5.555.111	5.369.176

Fonte: Oica, 2005.

A figura 9 mostra o comportamento da produção de veículos de passageiros das três maiores montadoras. A GM apresenta uma queda na sua produção, bem como a Ford enquanto que para a Toyota este panorama é favorável ao crescimento.



Fonte: Oica, 2005.

Fig. 9 – Produção mundial de veículos de passageiros.

Esta tendência já foi observada pela alta direção da GM. Uma certeza, interna, é que a área de manufatura da GM pode contribuir para reverter este quadro, principalmente com a utilização de ferramentas da manufatura enxuta.

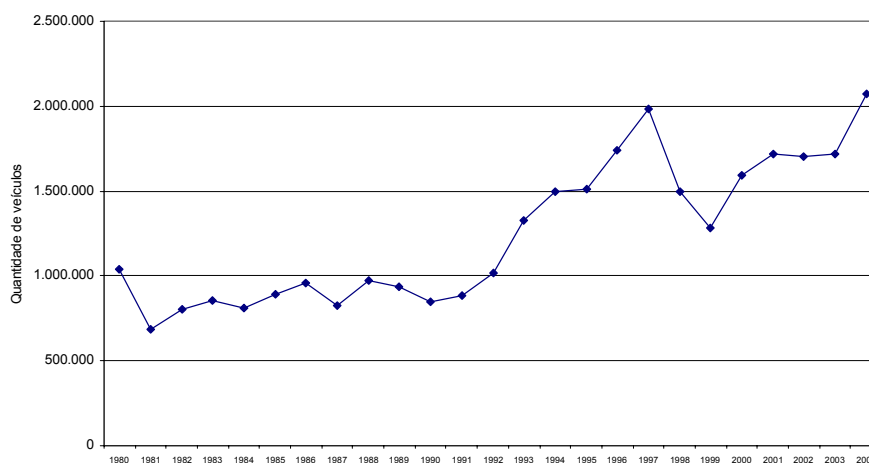
A aplicação destas técnicas de uma forma organizada e prática permite reduzir estoques em todos os níveis, incrementar a capacidade disponível sem grandes investimentos adicionais, reduzir tempos de fabricação, melhorar a produtividade,

reduzir custos de armazenagem e movimentação de materiais e melhorar a qualidade dos produtos fabricados (Lara Jr., 1990).

### 3.2. Panorama da indústria automobilística brasileira.

Como pode-se observar na figura 10, desde 1980 existe uma tendência de crescimento na produção de automóveis e comerciais leves na indústria automobilística brasileira.

Em 2004 a produção destes tipos de veículos automotores, tanto para venda interna como para exportação, ultrapassou a marca de dois milhões, pela primeira vez na história brasileira.

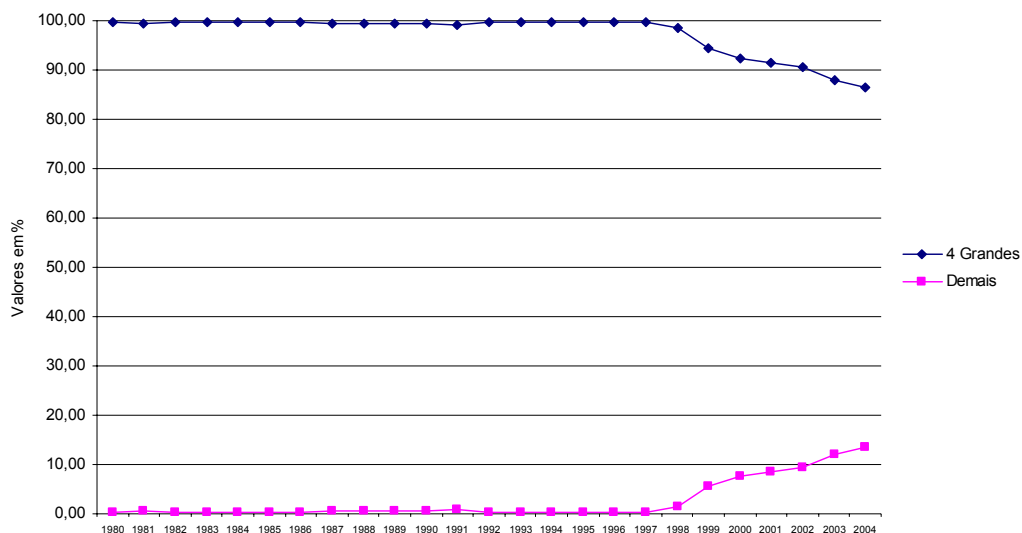


Fonte: Anfavea, 2005.

Fig. 10 – Produção de automóveis e comerciais leves no Brasil para vendas internas e exportações de 1980 a 2004.

Em meados da década de 90 existiam cinco montadoras no Brasil: GM, Volkswagen, Fiat, Ford e Toyota (esta última restrita a utilitários). Em 2005 (Anfavea, 2005) este número subiu para treze. A competição entre estas montadoras incentiva uma melhoria de qualidade, diminuição de custos e incremento da produtividade. A figura 11 mostra que as quatro maiores montadoras (GM, Volkswagen, Fiat e Ford), desde 1998 tiveram uma diminuição na porcentagem de veículos produzidos no Brasil com o aparecimento das montadoras novas: Renault, Honda, PSA Peugeot Citroën, Daimler Chrysler, Mitsubishi, Nissan, Land Rover e Iveco, bem como da ampliação da linha de produtos da Toyota.

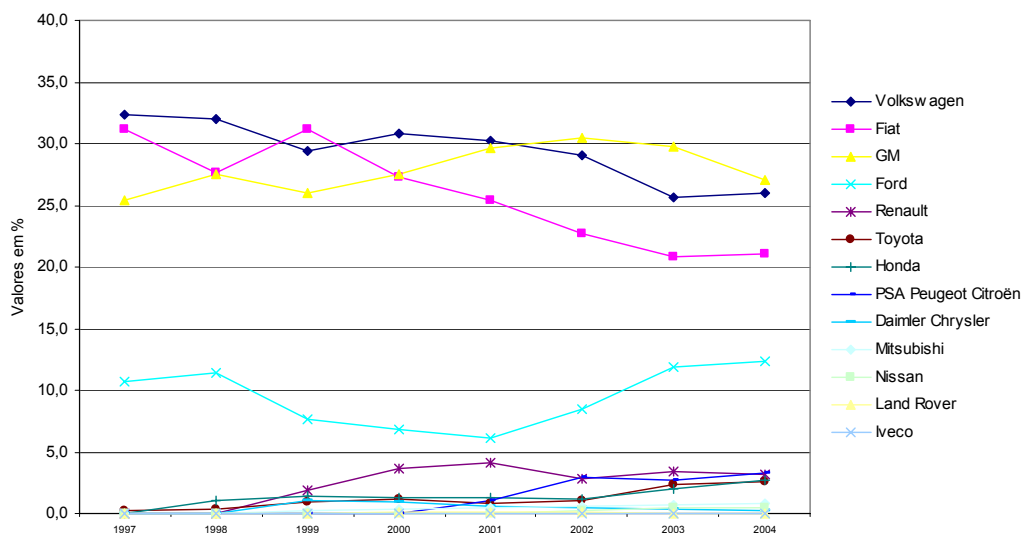




Fonte: Anfavea, 2005

Fig. 11 – Porcentagem da produção das montadoras no Brasil: comparação entre as quatro maiores e as demais montadoras de 1980 a 2004.

Na figura 12 pode-se observar que a GM foi a montadora que, em termos percentuais, mais se destacou no Brasil em 2004 (Anfavea, 2005).



Fonte: Anfavea, 2005

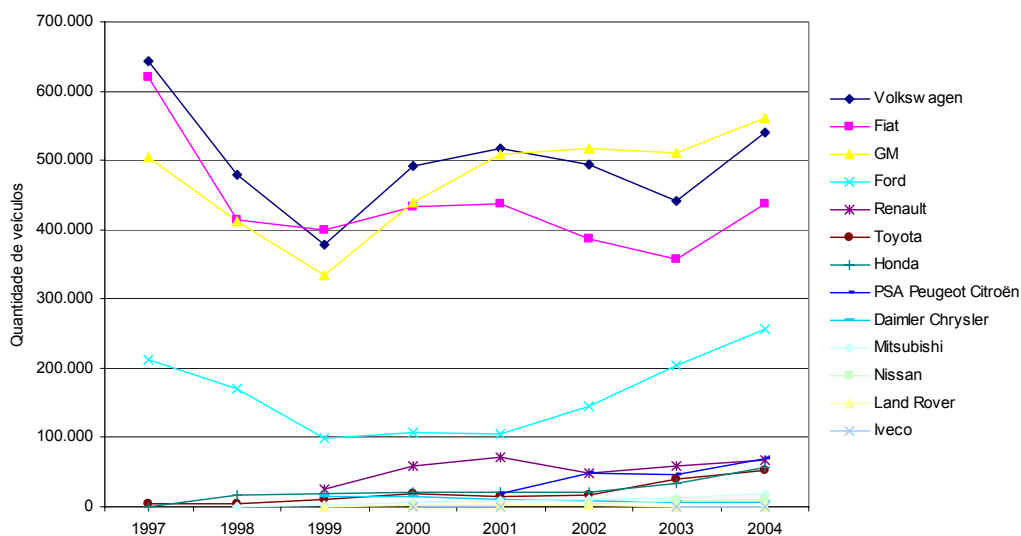
Fig. 12 – Porcentagem da produção de automóveis e comerciais leves no Brasil por montadora.

O segundo lugar é ocupado pela Volkswagen, mas o que se percebe pelos dados da fig. 12, é uma diminuição constante de sua participação no mercado. Segundo a Anfavea (2005), em 1980 esta montadora era responsável por 49,6% da produção dos veículos leves no Brasil. Em 2004, fechou o ano com 26%.

Em terceiro lugar, está a Fiat automóveis, porém a sua participação está em queda desde o ano 2000. Apresentou uma pequena melhora de 0,2% de 2003 para 2004, onde a sua participação atingiu 21% (Anfavea, 2005).

A quarta maior fabricante de automóveis no Brasil é a Ford, com 12,4% da produção no ano de 2004. A Ford está procurando retomar os níveis produtivos dos anos 80, por volta dos 16% de contribuição e, com certeza, será uma ameaça às três primeiras colocadas nos próximos anos (Anfavea, 2005).

A figura 13 apresenta a quantidade de automóveis e comerciais leves produzidos por cada uma das montadoras instaladas no Brasil para vendas internas e exportações.



Fonte: Anfavea, 2005.

Fig. 13 –Quantidade de automóveis e comerciais leves produzidos no Brasil para vendas internas e exportações.

Em primeiro lugar pelo terceiro ano consecutivo, em termos de quantidade de veículos produzidos, está a General Motors, como é apresentado na figura 13. Sua

contribuição para a produção total brasileira no ano de 2004 foi de 27,1% (Anfavea, 2005), incluindo-se os veículos comercializados no Brasil e exportações. Isto mostra que a montadora está determinada em ser a líder de produção no Brasil, acumulando praticamente cinco anos de crescimento no setor, porém este mesmo crescimento não é observado mundialmente.

A crescente fatia de mercado mundial (ver figura 8) da Toyota, superando a Ford e se tornando a montadora número dois do mundo no ano de 2004, preocupa a GM.

Como decisão estratégica, o grupo GM nos Estados Unidos criou, na década de 80, o GMS, baseado nos princípios da manufatura enxuta, para espalhar pelas suas fábricas, no mundo inteiro, o jeito GM de se produzir, utilizando o que há de melhor em gestão de processos.

O GMS é visto no grupo GM como a solução para a recuperação da sua fatia do mercado global e o aumento de seus lucros, pois, com a aplicação das ferramentas do GMS, acredita-se que a qualidade dos produtos irá melhorar, os custos dos produtos serão menores, as vendas irão aumentar, e todas as plantas do grupo poderão trocar experiências já que utilizam um sistema único de manufatura.

Acompanhando esta estratégia, a GM Powertrain também adotou o GMS como sistema de manufatura para todas as suas plantas no mundo, seguindo a montadora General Motors. O produto *powertrain*, motor e transmissão juntos, representa de 30 a 40% do valor de um veículo, portanto é de fundamental importância para a General Motors que a sua unidade GM Powertrain também seja competitiva, contribuindo positivamente para o custo total dos veículos.

Portanto, este trabalho tem uma grande importância para a GM Powertrain de São José dos Campos, pois os conceitos da manufatura enxuta precisam ser implementados em seus processos produtivos através do GMS.

Não se pode deixar de mencionar que outras estratégias, a médio e longo prazo, estão sendo tomadas, por exemplo, nas áreas de engenharia de produtos e *design*, a fim de diminuir custos e melhorar a inserção da GM no mercado automobilístico, mas não serão abordadas neste trabalho.

### **3.3. História do GMS**

Nos Estados Unidos, a GM utiliza o GMS desde os anos 80. À medida que os resultados positivos do sistema foram sendo comprovados, o método foi levado para outros países. No Brasil, a General Motors utiliza o GMS desde 1999, na fábrica do Celta em Gravataí, que já nasceu com o sistema implantado. Em seguida, foi levada para São Caetano do Sul e São José dos Campos.

A GM Powertrain foi criada no Brasil em maio de 2005, como já apresentado no item 1.1.1, mas adotou o GMS no início de 2004, época em que ainda era FIAT GM Powertrain. A decisão partiu de seu comitê executivo em Turim, Itália, que reconheceu o GMS como um sistema de manufatura eficiente em função de seus bons resultados na GM Europa.

A GM Powertrain está utilizando o GMS há pouco mais de um ano e pode-se dizer que é um sistema muito complexo para implementação, visto que é necessária uma grande mudança cultural de seus funcionários.

### **3.4. Conceitos do GMS**

De acordo com GM (2004), o Sistema Global de Manufatura é um sistema de manufatura único no grupo General Motors que utiliza os melhores processos, práticas e tecnologias. O GMS é formado por cinco princípios, explicados a seguir:

1 – Comprometimento das pessoas:

A companhia reconhece seus empregados como recurso mais valioso e dará o suporte necessário para que o pessoal trabalhe motivado e de maneira participativa.

2 – Padronização:

Em um processo dinâmico deve-se documentar, acompanhar e executar o trabalho de acordo com padrões pré-definidos. Esta padronização visa estabilizar o processo e garantir a segurança e qualidade.

3 – Feito com qualidade:

São utilizados métodos pelos quais a qualidade é gerada nas estações de trabalho, de forma que os problemas sejam solucionados no local, a fim de prevenir que esses passem ao processo seguinte.

4 – Menor tempo de execução:

É a movimentação e produção de produto ou material na quantidade, tempo e localização certa, utilizando equipamentos adequados e visando reduzir o tempo entre o pedido e a entrega do produto ao cliente.

5 – Melhoria contínua:

A melhoria contínua é um processo baseado na padronização, onde a melhoria total é alcançada através de pequenas melhorias consecutivas.

Estes cinco princípios se dividem em trinta e três elementos, como mostra a figura 14. É necessária a utilização de todos estes elementos para se alcançar a implementação do GMS.

<b>Comprometimento das pessoas</b>	<b>Padronização</b>	<b>Feito com qualidade</b>	<b>Menor tempo de execução</b>	<b>Melhoria contínua</b>
1. Visão, valores e prioridades culturais	9. Organização do local de trabalho	13. Padrões de qualidade dos produtos	18. Fluxo simples de processo	27. Solução de problemas
2. Missão	10. Gerenciamento visual	14. Validação do processo de manufatura	19. Pequenos lotes	28. Desdobramento do plano de negócios
3. Segurança em primeiro lugar	11. Gerenciamento pelo tempo de ciclo	15. Controle do processo e verificação	20. Sistema de pedidos com períodos fixos	29. Conceito andon
4. Pessoas qualificadas	12. Trabalho padronizado	16. Feedback e feedforward de qualidade	21. Transporte externo controlado	30. Projeto enxuto das instalações, equiptos., ferramental e layout
5. Conceito de time		17. Gerenciamento do sistema de qualidade	22. Recebimento e despacho programados	31. Integração avançada de manufatura e projeto (DFM / DFA)
6. Comprometimento das pessoas			23. Estoque temporários de materiais	32. Sistema total de manutenção
7. Processo de comunicação aberta			24. Sistema de puxar	33. Processo de melhoria contínua
8. Gerenciamento do chão de fábrica			25. Programação nivelada de pedido de veículos	
			26. Gerenciamento da cadeia de suprimentos	

Fonte: Reis, 2004.

Fig. 14 – Princípios e elementos do GMS.

Todas as atividades da empresa devem utilizar estes cinco princípios como guia. Além disso, eles devem ser de conhecimento de todos os níveis hierárquicos.

## CAPÍTULO 4 – SITUAÇÃO PROBLEMA

No item 1.2.2 foram mencionadas cinco categorias de indicadores para análise de desempenho da GM Powertrain, que são: Segurança, Qualidade, Financeiro, Produtividade e Desenvolvimento organizacional.

Estes indicadores foram analisados segundo critérios já explicados, de acordo com o grau de alcance dos objetivos previamente estabelecidos pela empresa, ou seja:

- Objetivo foi alcançado;
- Objetivo ainda não alcançado, mas está até 10% próximo à meta;
- Objetivo não alcançado.

Deve-se lembrar que alguns indicadores ainda não são monitorados porque a empresa está se estruturando em algumas áreas.

A tabela 7 apresenta um sumário dos indicadores que ainda não alcançaram o objetivo definido ou estão próximos de atingi-lo. Estes indicadores precisam ser melhorados rapidamente por exigências da alta direção da GM Powertrain.

Tabela 7 – Sumário dos indicadores da GM Powertrain segundo o grau de alcance do objetivo.

<b>Objetivo ainda não alcançado</b>	<b>Objetivo até 10% próximo ao valor</b>
<b>Indicadores</b>	<b>Indicadores</b>
acidentes com afastamento	orçamento mensal - mão de obra
acidentes sem afastamento	orçamento mensal - material diretos
produtos devolvidos pelo cliente	orçamento mensal - total
produtos retrabalhados no cliente	custo unitário de seus produtos
horas trabalhadas por produto produzido	I.P.G. - montagem
I.P.G. - usinagem	atendimento ao programa de produção
valores da folha de pagamento dos funcionários horistas	porcentagem de absenteísmo de seus funcionários

Para os indicadores cujos objetivos não foram ainda alcançados, foi feita uma análise dos locais das fábricas onde eles são encontrados, segundo a tabela 8, enfatizando que estes valores são representados em porcentagem, pois são confidenciais.

Tabela 8 – Áreas de responsabilidade dos indicadores com objetivos não atingidos, em porcentagem, na GM Powertrain

Indicadores	Áreas de responsabilidade em porcentagem		
	Família I	Família II	Transmissão
acidentes com afastamento	70	5	25
acidentes sem afastamento	70	5	25
produtos devolvidos pelo cliente	80	5	15
produtos retrabalhados no cliente	90	0	10
horas trabalhadas por produto produzido	60	0	40
I.P.G. - usinagem	100	0	0
valores da folha de pagamento dos funcionários horistas	90	0	10

Observa-se, na tabela 8, que a área problema, ou seja, a que mais necessita de intervenção é a planta de motores família I. Essa área é, percentualmente, a maior responsável pelos indicadores com objetivos não atingidos. Em termos de volume de produção, os motores família I representam 45% do total produzido pela GM Powertrain.

Um esquema simplificado da fábrica de motores família I está mostrada na figura 15.



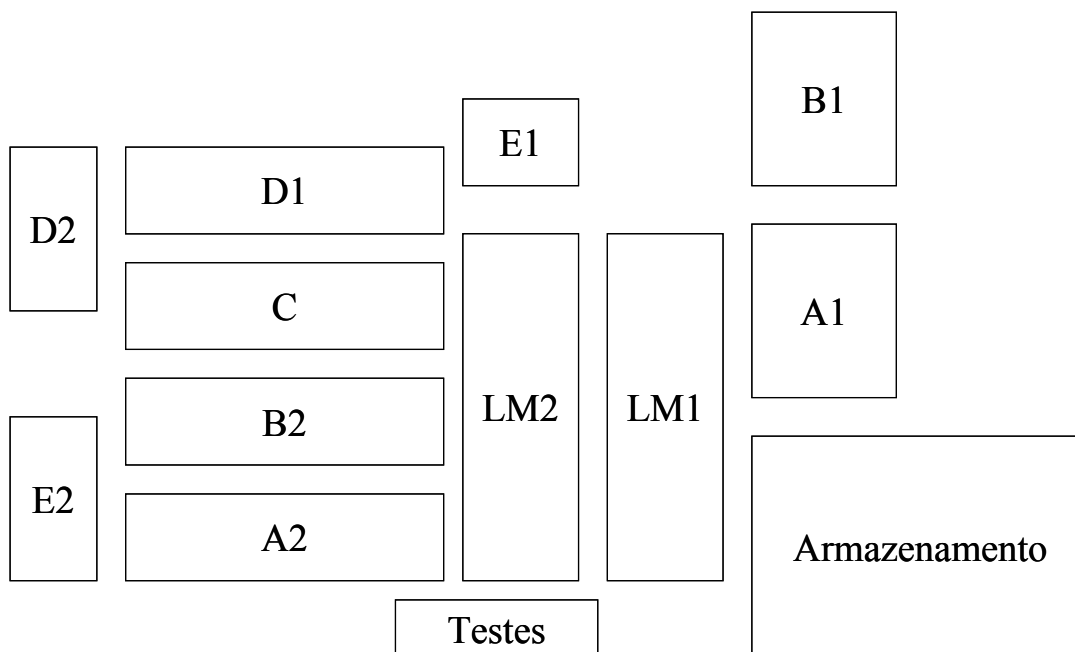


Fig. 15 – Esquema do processo produtivo do motor família I.

Simplificadamente, existem cinco setores (A, B, C, D e E) que produzem os cinco tipos de componentes usinados na empresa e que compõem o motor. Os produtos destes setores são utilizados nos setores LM1 e LM2, que fazem a montagem do motor: são as linhas de montagem já mencionadas. Após a montagem, o motor completo é enviado para o Armazenamento. O teste de cada motor é feito no setor Testes e retorna ao armazenamento.

Fazendo um levantamento da porcentagem de atendimento ao programa de produção diária de motores família I, observa-se na fig. 16 que a empresa não atende, na maioria dos dias do mês usado como referência, ao programa de produção. Isto gera a necessidade dos operários trabalharem aos domingos, único dia disponível para recuperação de perdas da produção ocorridas durante a semana, em regime de horas extras. Esta figura representa, de forma geral, o atendimento ao programa em todos os meses do ano de 2004.

A fig. 16 também mostra que, em cinco dos vinte e seis dias de produção, o setor montou motores a mais do que o programa exigia, com o objetivo de reduzir o atraso acumulado no mês.

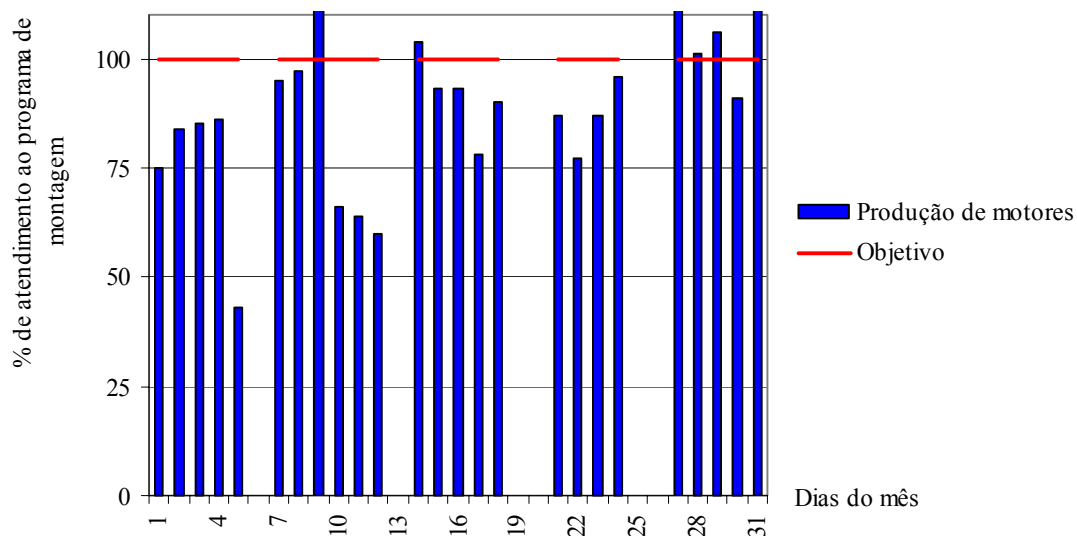


Fig. 16 – Porcentagem típica de atendimento ao programa de produção em relação ao programa diário de montagem de motores família I, 2004.

Utilizando um diagrama de Pareto, representado na figura 17, pode-se observar que o não atendimento ao programa de montagem de motores está relacionado com duas causas principais, que são: usinagem (85,1%) e quebras (10,6%).

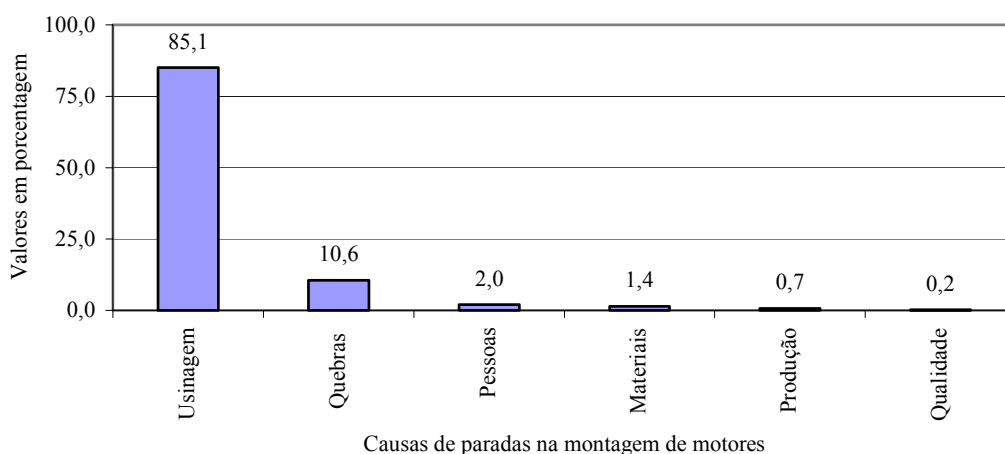


Fig. 17 – Causa de paradas nas linhas de montagem, em porcentagem.

Por problemas relacionados à usinagem, entende-se a falta de componentes usinados (bloco do motor, girabrequim, cabeçote, eixo de comando, carcaça e biela) para

serem utilizados pelas linhas de montagem. Ao longo do mês analisado, foi observado que, em algum momento ocorreu a falta de um dos seis componentes citados, impedindo a montagem dos motores.

Observou-se também que, na grande maioria das paralisações na montagem, existiam peças nos estoques de componentes prontos, porém, estes não pertenciam à mesma cilindrada dos motores que estavam sendo montados. Este é um grande problema identificado, dado que as diferentes linhas de usinagem estão produzindo componentes que não são necessários naquele momento, e mais, deixando de produzir componentes que são efetivamente necessários, gerando paralisação da linha de montagem.

Vale lembrar que, segundo Ohno (1997), produzir para o estoque afeta o lucro. Uma sincronização, ou seja, produção de componentes da mesma cilindrada em todas as linhas de usinagem é necessária e, indubitavelmente, é necessário que cada linha de usinagem produza exclusivamente para seus clientes, que no caso são as linhas de montagem, e não para estoques, como é atualmente.

Por quebras, entende-se paradas na linha de montagem de motores causadas por quebras de máquinas. Uma intervenção do departamento de manutenção elétrica ou mecânica para restabelecimento da produção é necessária.

Após estas análises, pode-se definir que os indicadores que possuem seus objetivos ainda não alcançados têm somente uma causa:

*Atrasos constantes na montagem de motores família I são devidos à faltas frequentes de componentes usinados.*

Para que fique mais claro este raciocínio, a tabela 9 mostra os fatores que influenciam o desempenho dos indicadores. Por exemplo: o excesso de horas extras, ambiente com alto ritmo de produção e ações urgentes por parte dos funcionários do chão-de-fábrica, ocasionam mais acidentes na fábrica. A fadiga é um problema que pode ser causado por ritmo acelerado de trabalho e demasiada quantidade de horas extras; e segundo Megginson; Mosley; Pietri (1998), ela é considerada um mal

relacionado ao stress e possui raízes no ambiente em que as pessoas investem a maior parte de seu tempo e energia. Portanto, podemos relacionar o excesso de horas extras com o resultado ruim nos indicadores acidentes e assim por diante.

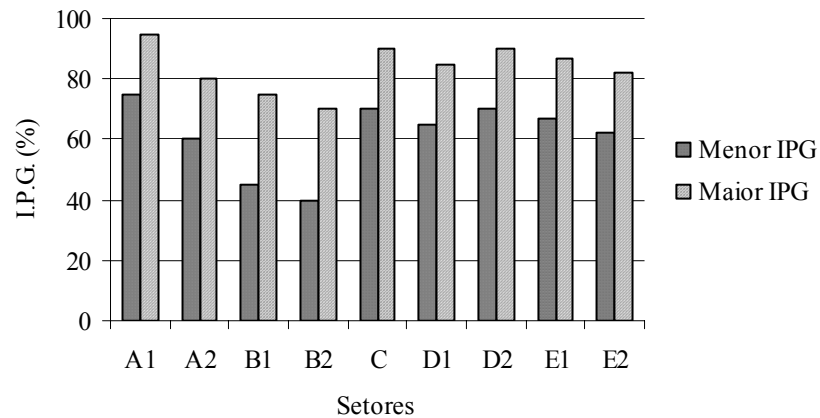
Tabela 9 – Fatores que influenciam o desempenho dos indicadores com objetivos não alcançados.

Objetivo não alcançado	Relação com a causa identificada
Indicadores	
acidentes com afastamento	Excesso de horas extras e ambiente com alto ritmo de produção e ações urgentes por parte dos funcionários do chão-de-fábrica.
acidentes sem afastamento	
produtos devolvidos pelo cliente	Excesso de defeitos nos produtos, causados por funcionários sem treinamento adequado nos dias de produção em regime de horas extras.
produtos retrabalhados no cliente	
horas trabalhadas por produto produzido	Excesso de horas extras aos domingos para recuperação da produção
I.P.G. – usinagem	Excesso de paradas nas máquinas das linhas de usinagem
valores da folha de pagamento dos funcionários horistas	Excesso de horas extras aos domingos para recuperação da produção

Pode-se observar que atacando o indicador I.P.G. – usinagem, os outros seis indicadores da tabela 9 serão influenciados positivamente, visto que não haveria necessidade de horas extras se não faltassem componentes.

A figura 18 mostra valores de I.P.G. das nove linhas de usinagem de componentes para o mês de referência (valores numéricos são de propriedade da GM Powertrain e,

portanto, confidenciais), e pode-se observar que o componente B, produzido nos setores B1 e B2, apresenta o menor índice de I.P.G., fato este que incentivou a escolha deste componente, bloco do motor, para a implementação da metodologia deste trabalho.



Fonte: GM, 2005.

Fig. 18 – Valores típicos de I.P.G. por linha de usinagem.

## **CAPÍTULO 5 – PLANO PARA IMPLEMENTAÇÃO DA MANUFATURA ENXUTA NA GM POWERTRAIN**

Para que a produtividade das linhas de usinagem na GM Powertrain LAAM tenha um melhor desempenho, fato que é necessário e imperativo para a General Motors do Brasil permanecer competitiva no mercado de veículos leves, conseguindo produzir a quantidade programada dos diversos modelos de peças no menor tempo e com menores custos. A manufatura enxuta pode contribuir expressivamente com algumas ferramentas e práticas efetivas, as quais já tiveram sucesso comprovado em várias empresas no mundo, inclusive no setor automobilístico, como é o caso.

Após a decisão da implementação da manufatura enxuta em qualquer empresa, a maior dificuldade não é adquirir conhecimento da metodologia e suas vantagens (já amplamente divulgada em meios de comunicação como livros, revistas, seminários, internet, etc.), mas sim colocar em prática os conceitos inerentes à técnica.

O autor deste trabalho propôs cinco etapas para serem executadas durante o ano de 2005. São elas:

- Conscientização da liderança
- Formação dos especialistas
- Estrutura do chão de fábrica
- Trabalho padronizado
- Kanban

Um cronograma para a implementação do GMS no ano de 2005 na planta da GM Powertrain de São José dos Campos foi desenvolvido com base nestas etapas e é mostrado na figura 19. A linha vertical indica que este trabalho estava sendo descrito no mês de junho de 2005.

		2005												
N°	Etapas	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
1	Conscientização da liderança	█												
	Biblioteca enxuta	█												
	Treinamento prático						█							
2	Formação dos especialistas			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	
3	Estrutura do chão de fábrica						█							
4	Trabalho padronizado				█									
5	Kanban						█							

Data atual

Fig. 19 – Cronograma para implementação do GMS na GM Powertrain de São José dos Campos no ano de 2005.

Cada uma das etapas de implementação do GMS, constantes no cronograma proposto, será descrita a seguir.

### 5.1. Conscientização da liderança

A primeira etapa do plano de implementação da manufatura enxuta é levar o conhecimento do Sistema Toyota de Produção à liderança da GM Powertrain. Todos devem conhecer as diretrizes que a empresa irá seguir com a implementação do GMS para que contribuam e se empenhem em utilizar as ferramentas propostas. Segundo Lourenço Jr. (2002), o conhecimento do Sistema Toyota de Produção por parte da liderança é importante na implementação da manufatura enxuta em uma empresa.

Para a conscientização da liderança da GM Powertrain são utilizadas duas formas de abordagens. A primeira é divulgar o Sistema Toyota de Produção através da criação de uma biblioteca de livros de autores clássicos, como Taiichi Ohno e Shigeo Shingo. Tais livros são encaminhados à liderança com um prazo fixo para leitura. A segunda forma é a aplicação de um treinamento prático para o diretor, os gerentes, os supervisores e os coordenadores de time, onde as diferenças entre a produção empurrada e a puxada são mostradas.

A seguir, serão vistos mais detalhes de cada abordagem utilizada na GM Powertrain.

#### 5.1.1. Biblioteca enxuta

Esta biblioteca está localizada junto ao coordenador do GMS da planta, que também é responsável por empréstimos, devoluções, indicações e compras de novos títulos. Esta biblioteca difere de uma biblioteca comum, onde os leitores procuram os títulos que têm interesse. Na biblioteca enxuta, os leitores dos livros, que são os gerentes, os supervisores e os técnicos, são indicados pelo coordenador do GMS para a leitura de um livro também indicado por ele e o leitor tem um prazo máximo de três semanas para preparar um relatório contendo as idéias importantes adquiridas com a leitura.

Um pequeno trabalho prático também é direcionado ao leitor para que ele aplique uma ferramenta aprendida, em uma área produtiva da empresa, preferencialmente aquela de sua atuação. Espera-se que estes pequenos trabalhos aumentem a velocidade de implementação do GMS na empresa.

A figura 20 apresenta o modelo adotado para elaboração de um relatório sobre a leitura e seu respectivo trabalho prático.

<b>Livro</b>					
<b>Nome</b>		<b>Área</b>		<b>Data</b>	
<b>Idéias importantes adquiridas</b>			<b>Contribui para qual requisito do GMS?</b>		
			<b>Status</b>		<b>Para</b>
<b>Escolha uma para implementar em sua planta</b>			<b>Plano de Ação</b>		
			<b>Ação</b>	<b>Resp.</b>	<b>Prazo</b>
<b>Objetivos da implementação</b>			<b>O objetivo foi atingido?</b>		
			<b>Aprovado Por:</b>		

Fig. 20 – Relatório de leitura de livro.



Os livros adquiridos pela GM Powertrain foram indicados pelo autor deste trabalho para a criação da biblioteca sobre a manufatura enxuta. Dentre os títulos, pode-se mencionar:

1. O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala - Taiichi Ohno
2. O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção - Shigeo Shingo
3. Sistema de troca rápida de ferramentas, uma revolução nos processos produtivos - Shigeo Shingo

### **5.1.2. Treinamento prático**

Uma das vantagens do treinamento prático é verificar que todos que são submetidos a este, tornam-se conscientes da necessidade de mudanças. Essa consciência é fundamental no sucesso de qualquer mudança comportamental, ou mesmo de filosofia de trabalho. Vale lembrar que o homem tem horror à mudanças (Le Corbusier, 1971). Toda mudança faz com que o indivíduo tenha que sair de uma posição confortável para outra, inicialmente, desconhecida, isso exige dispêndio de energia.

O material utilizado no treinamento prático para a liderança da GM Powertrain é uma adaptação do *Workshop: O sistema de produção puxada* (Favaro, 2005).

Este treinamento consta de quatro partes (Barros, 2005):

A primeira é essencialmente prática. É feita uma simulação de uma fábrica fictícia num ambiente que utiliza o sistema tradicional de produção, ou seja, o sistema empurrado.

A segunda parte é teórica, onde são apresentados temas como: *just-in-time*, *kanban*, sistemas de produção empurrado e puxado, troca rápida de ferramentas, produção nivelada, entre outros.

Na terceira etapa faz-se a simulação da mesma fábrica trabalhando em sistema puxado de produção.

Na última etapa faz-se uma comparação entre os desempenhos obtidos com as simulações envolvendo os dois sistemas de produção: empurrada e puxada. É feita uma tabela com valores de: tempo de atravessamento; peças em processo e atendimento ao pedido do cliente.

O próprio grupo discute e tira conclusões sobre os dois sistemas, comprovando as vantagens do sistema puxado.

## **5.2. Treinamento dos especialistas**

A direção da GM Powertrain nomeou cinco funcionários para serem os especialistas de cada princípio do GMS, coordenando as atividades de implementação. Para cada um dos princípios, foi determinado um gerente dar suporte a estes cinco especialistas.

Para estas funções, os funcionários foram escolhidos com base em seu nível de conhecimento do funcionamento da empresa, domínio da língua inglesa, visto que grande parte do material do GMS está disponível em inglês, e também pela sua aptidão e interesse pelo tema.

Parte das atribuições dos especialistas é desenvolver e aplicar treinamentos práticos e/ou teóricos, utilizando os conceitos do GMS disponibilizados pela General Motors.

Um cargo de coordenador geral do GMS foi criado, o qual responde diretamente ao diretor da GM Powertrain de São José dos Campos. Atualmente, o autor deste trabalho ocupa esta posição.

Durante o desenvolvimento desta implementação, os cinco especialistas vem sendo treinados, através de reuniões semanais dirigidas, visitas a outras plantas da GM do Brasil e do exterior e treinamentos ministrados por especialistas de outras plantas da GM.

Do Coordenador Geral espera-se que direcione e controle os trabalhos dos cinco especialistas nas áreas mais críticas mostradas neste trabalho, de forma a melhorar rapidamente os indicadores que ainda não atingiram o objetivo desejado.

## **5.3. Estrutura de recursos humanos no chão de fábrica**

Para que uma empresa tenha sucesso na gestão da sua produção, ela deve possuir uma boa estrutura de recursos humanos no chão de fábrica, de modo que uma liderança efetiva possa conduzir todos os operadores a atingirem os objetivos previamente traçados, tais como: quantidade de produtos a produzir, número máximo de produtos defeituosos, máximo de gastos com ferramentas, entre outros. Esta liderança, composta por supervisores de grupo e líderes de time, deve possuir algumas características básicas. As mais importantes serão aqui discutidas.

A primeira delas é a quantidade de subordinados por supervisores de grupo e por líderes de time. Um esquema da estrutura utilizada na GM Powertrain é mostrada na figura 21. Não é difícil imaginar que um time composto por muitos operadores será mais difícil de ser controlado, pois o seu líder estará sempre sobrecarregado de tarefas e as prioridades poderão facilmente se inverter, além disso, outras podem ser deixadas para depois. Por outro lado, o líder de time coordenando poucos operadores, tende a ser melhor sucedido e mais focado. Porém, um excesso de líderes de time na empresa traria um custo mais alto na sua folha de pagamento. Portanto, fica claro que a empresa precisa encontrar um número ideal de supervisores e líderes de time para seus operadores, onde uma relação custo/controle ótima seja atingida.

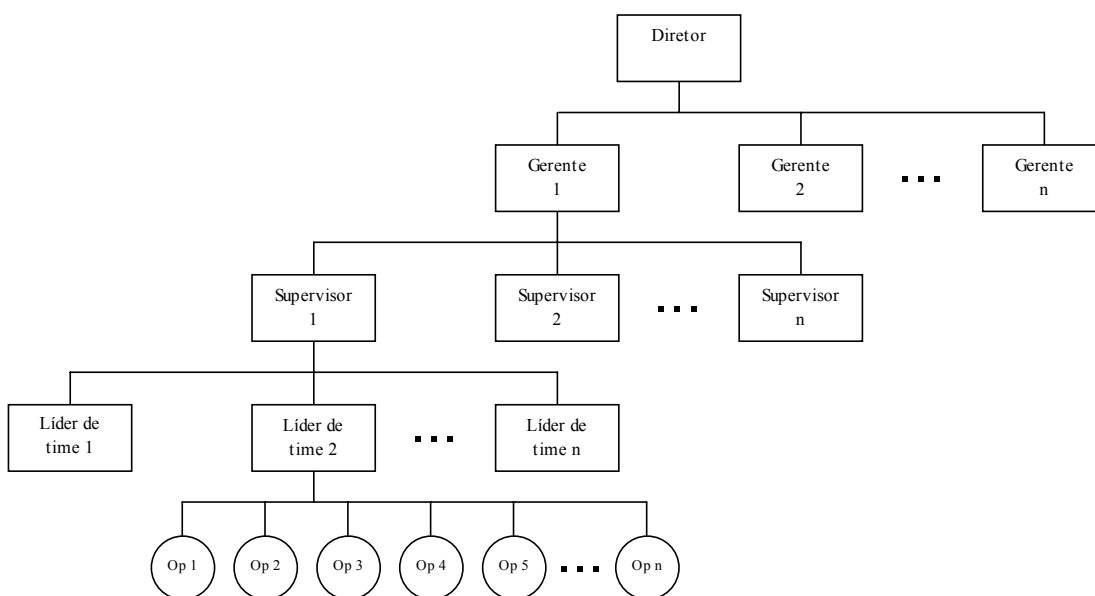


Fig. 21 – Estrutura utilizada pela GM Powertrain na manufatura.

Segundo Fleury (1994), o sistema Toyota de produção passou por modificações, sendo que uma delas ocorreu principalmente no que diz respeito aos aspectos humanos e na organização do chão de fábrica. Os times de trabalho são formados por cinco operadores e um líder de time e cada supervisor é responsável pela segurança e performance de até três times.

Uma outra característica importante de um líder é a capacidade de solução de problemas quando um subordinado solicita ajuda ou quando um objetivo do time não está sendo atingido. Segundo Bohn (2000), no atual cenário dos negócios, altamente dinâmico, as tarefas-chaves para a liderança são a inovação, a melhoria e a capacidade de lidar com o inesperado. Os inesperados tornam-se problemas que podem alavancar soluções a partir da inovação e melhoria.

Segundo Mishina (1995), um montador solicita ajuda ao seu líder de time mais de dez vezes por turno, o que significa que uma das tarefas da gerência é desenvolver as pessoas, os líderes de time e os supervisores, para solucionar os diversos problemas que possam aparecer.

Os supervisores e líderes de time devem ser muito bem treinados na função de resolver definitivamente os problemas que ocorrem. Segundo Bohn (2000), um dos maiores problemas que uma empresa pode enfrentar é a não solução efetiva de problemas, são utilizadas improvisações, comumente chamadas de “apagar incêndios”. Uma cultura forte de solução de problemas, entendendo a sua causa raiz e aplicando uma solução válida em conjunto com a não recompensa do “apagar incêndios”, pode eliminar esta forma de agir dentro da empresa, a qual é muito danosa para os seus resultados.

Um ponto que vale ser discutido neste trabalho é referente ao desejo de se aplicar os conceitos de manufatura enxuta na empresa. Segundo Shingo (1996), o ponto crítico para implementação do Sistema Toyota de Produção é o entendimento claro do assunto e o empenho necessário por parte da alta gerência. É também muito importante que todos, incluindo o pessoal do chão de fábrica, compreendam o sistema, determinando o sucesso ou fracasso do empreendimento.

Pode-se afirmar que o sucesso do GMS é não ter somente o grupo responsável pela implementação da manufatura enxuta na empresa; a liderança e o chão de fábrica devem possuir o conhecimento do sistema e suas principais vantagens. Se as pessoas que estão constantemente em contato com a produção não desejarem usar os conceitos e não aceitarem essa idéia, a empresa não terá resultados positivos na implantação deste modelo de gestão.

#### **5.4. Trabalho padronizado**

Outra importante ferramenta para a implementação da manufatura enxuta é o trabalho padronizado, ou seja, a documentação de roteiros de tarefas a serem executadas. Objetiva-se com sua utilização, a garantia de uniformidade na execução das tarefas por diferentes operadores que trabalham em uma mesma operação. Ele é um importante aliado da empresa para prevenir que melhorias já realizadas deixem de ser executadas e, é também um ponto de partida para novas melhorias.

A seguir apresentam-se as informações mais importantes que cada operador deve ter ao seu alcance para a padronização de suas atividades:

- Documentar os valores máximos e mínimos de estoque, antes e depois de cada máquina;
- Elaborar procedimentos para *setup*, incluindo as trocas de ferramentas e de modelo, dentro das características da troca rápida de ferramentas;
- Informar as especificações exigidas pelo processo da peça, em cada estágio do processo;
- Especificar a frequência de verificação da qualidade das peças;
- Fornecer informações sobre organização do local de trabalho, como por exemplo, a posição de carrinhos, bancadas e dispositivos de medição.

A corporação GM definiu três tipos de formulários-padrão para documentar todas as operações produtivas. O preenchimento de cada um destes formulários, com informações citadas anteriormente para cada máquina ou operação, é responsabilidade de cada operador, com monitoramento de sua liderança e auxílio dos cinco especialistas da empresa.

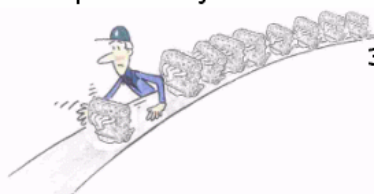
Para maiores detalhes, em caráter de exemplo, são apresentadas as figuras nos anexos A, B e C.

Os trabalhos padronizados têm como função secundária a identificação e a eliminação de desperdícios. Para o chão de fábrica entender o conceito dos sete tipos de desperdícios, foi elaborado um folheto com ilustrações de fácil visualização pelo operador, conforme figura 22.

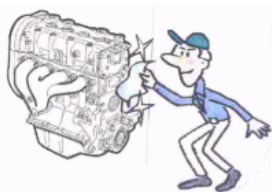
## Os 7 tipos de desperdícios

“O desperdício deve ser identificado e eliminado em todas atividades da nossa empresa.”

### 1. Super Produção



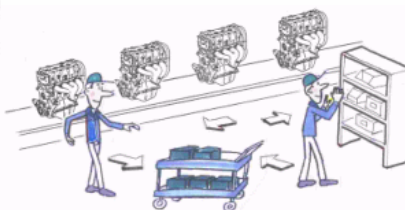
### 2. Super Processamento



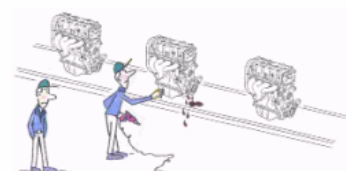
### 3. Movimentação de Materiais



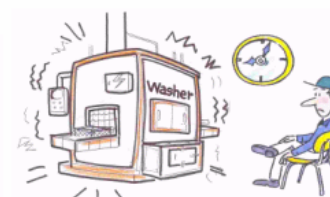
### 4. Movimentação do Operador



### 5. Retrabalho



### 6. Espera



### 7. Inventário



Fonte: Barros, 2004.

Fig. 22 – Folheto ilustrando os sete tipos de desperdícios.

### 5.5. Kanban

Com o *kanban*, elimina-se a programação paralela das diversas linhas de produção que é uma das causas das perdas nas linhas de montagem de motores família I. Pode-se citar situações em que existem componentes prontos de diferentes cilindradas em cada uma das linhas de usinagem, mas sem oferecer possibilidade de montagem de um único motor completo. Por este motivo a linha de montagem tem que ficar parada

a espera do componente faltante. Esta falta de sincronismo entre as linhas de usinagem traz grandes perdas de produção para a linha de montagem.

Analisando as causas da falta destes componentes em todas as linhas de usinagem da família I, foram encontrados alguns problemas:

- Quebras de máquinas nas linhas de usinagem;
- Alto tempo para troca de modelo e de ferramentas em algumas máquinas, ocasionando a produção de um só modelo por um longo período de tempo, a fim de diluir este tempo alto de preparação em grandes quantidades de peças;
- Os operadores de máquina produzem para estoque, gerando altos estoques intermediários;
- Fluxo de informação ineficiente entre o cliente (linha de montagem) e seus fornecedores (linha de usinagem). A programação de produção é difícil de ser realizada a contento por um departamento distante da necessidade momentânea de cada processo.

A direção a ser seguida neste trabalho é organizar a produção na linha de usinagem do bloco na fábrica de motores família I, evitando estoques excessivos e produzindo somente os modelos necessários.

Dado que foi escolhido apenas o componente usinado bloco do motor, produzido nas linhas de usinagem B1 ou B2, a figura 23 representa o fluxo de componentes existente entre estes setores e as linhas de montagem LM1 e LM2.

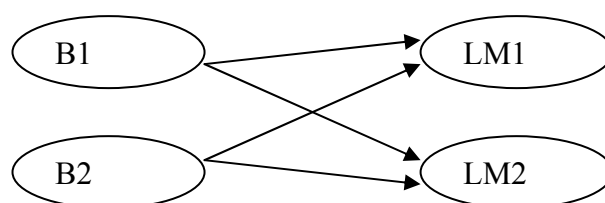


Fig. 23 – Fluxo de blocos usinados para as linhas de montagem.

Enfatiza-se que o fluxo atual de blocos usinados para as linhas de montagem não está sistematizado. A programação de cada uma das linhas de usinagem B1 e B2 é feita

por um departamento distante do chão de fábrica, o que gera erros e demoras na produção dos modelos de blocos desejados. Portanto, providências em concordância com a metodologia abordada no capítulo 2 são indicadas e serão abordadas neste trabalho.

“O kanban funciona como um sistema de gerenciamento de materiais, visando movimentar e fornecer os componentes à produção apenas nas quantidades necessárias e no momento necessário” (TUBINO, 1997 apud MOURA, 2000).

### **5.5.1. Localização de supermercados**

Define-se um supermercado de componentes prontos, um local onde a linha de montagem possa buscar componentes prontos dos modelos desejados. Através do gerenciamento do supermercado, com o uso de *kanbans*, as linhas de usinagem podem monitorar em tempo real qual modelo é prioridade para produção; podem administrar a necessidade de peças brutas e as possíveis mudanças na seqüência de produção.

Neste trabalho são propostas três alternativas para a definição da localização de supermercados para as duas linhas de usinagem do bloco do motor família I e as duas linhas de montagem. São elas:

Alternativa 1 : Supermercado Unitário

Alternativa 2 : Um supermercado próximo a cada linha de usinagem.

Alternativa 3 : Um supermercado próximo a cada linha de montagem.



Na alternativa 1, o supermercado único está localizado conforme figura 24.

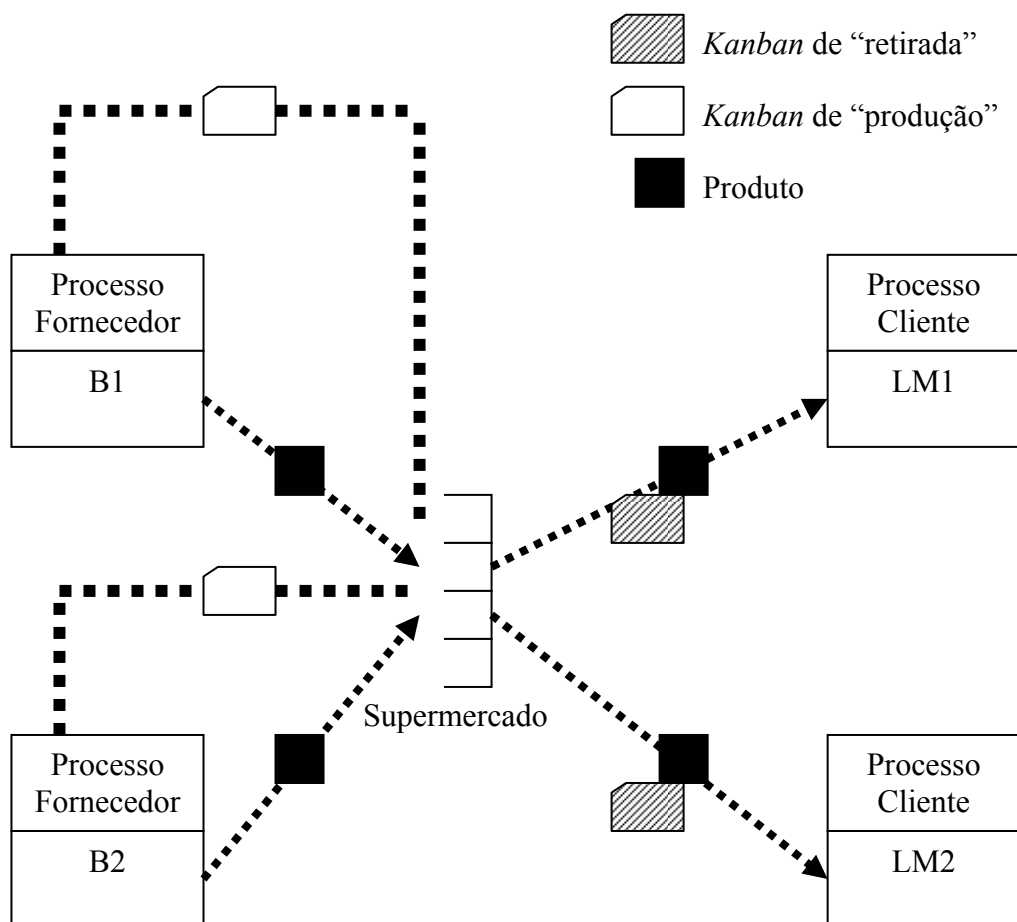


Fig. 24 – Supermercado único.

Na alternativa 2 , propõem-se dois supermercados próximos a cada linha de usinagem, conforme figura 25.

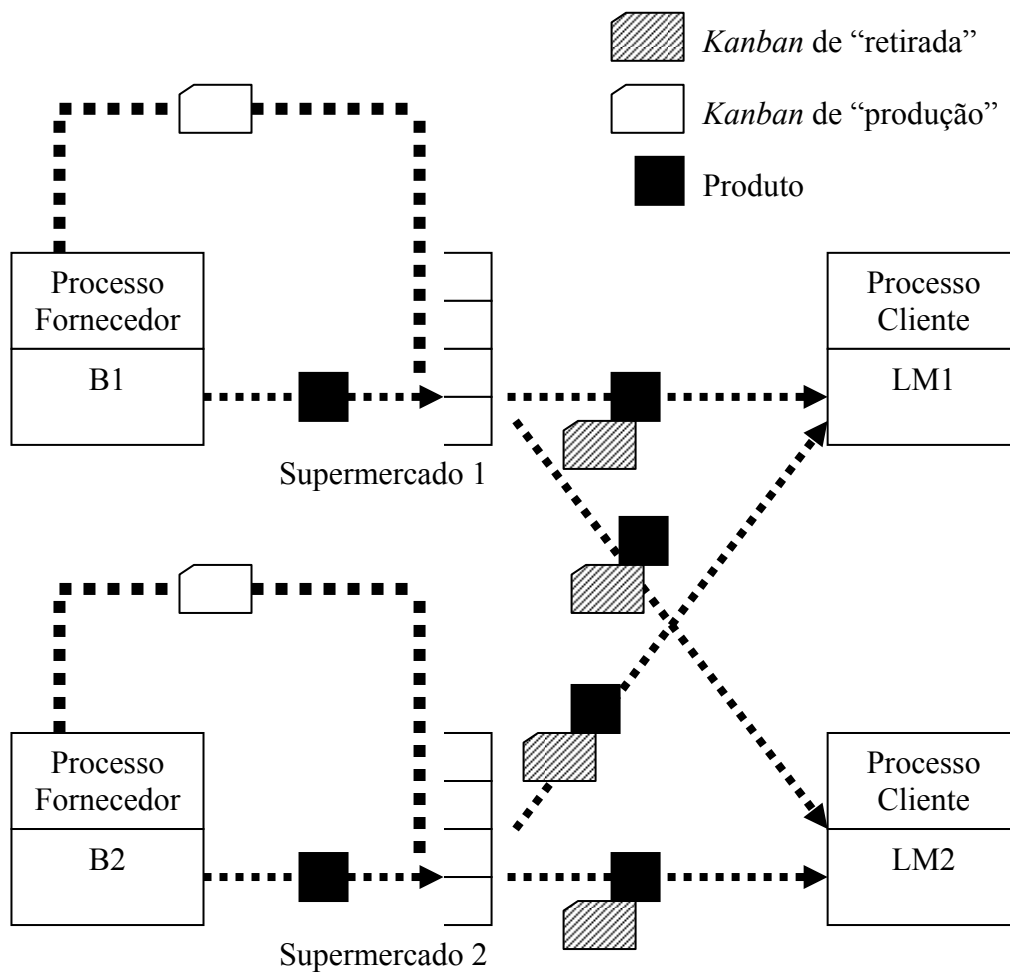


Fig. 25 – Um supermercado próximo a cada linha de usinagem.

Na alternativa 3, propõem-se dois supermercados próximos a cada linha de montagem, conforme figura 26.

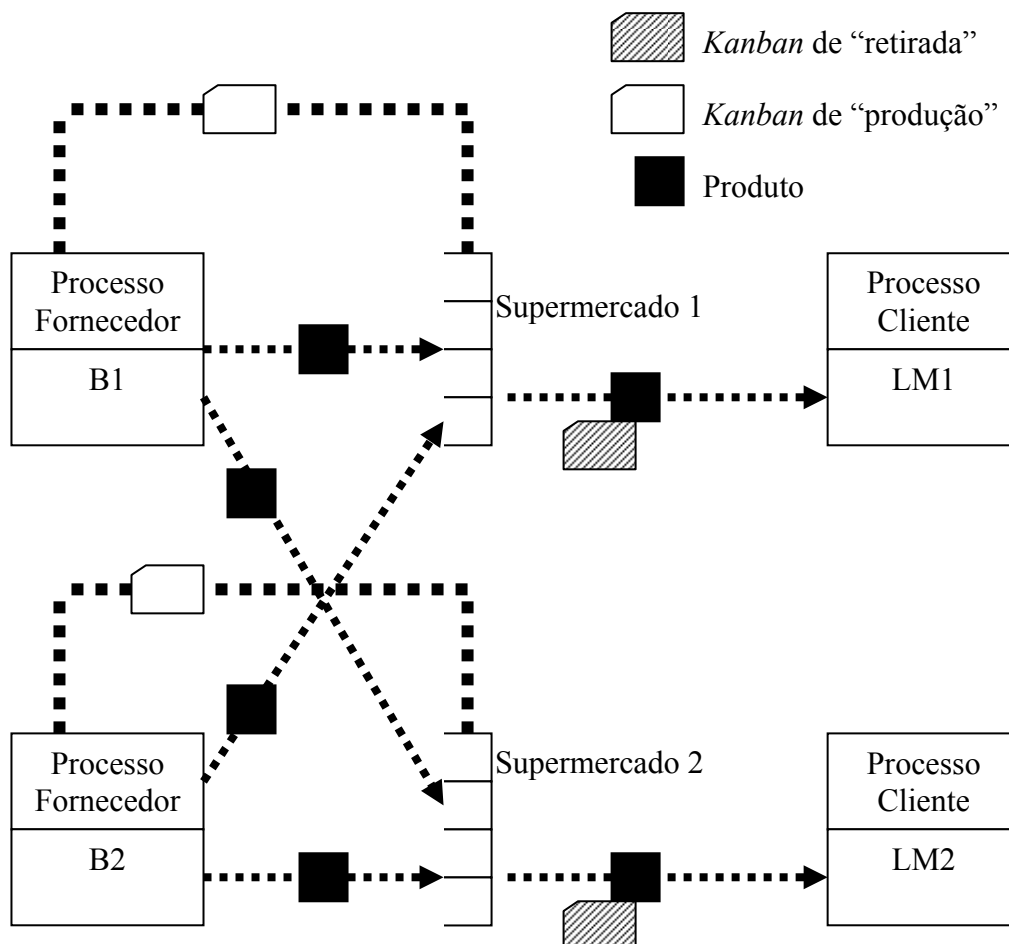


Fig. 26 – Um supermercado próximo a cada linha de montagem.

Após o cálculo do tamanho dos supermercados, cada alternativa será analisada, apresentando-se as vantagens e desvantagens de cada proposta.

### 5.5.2. Cálculo do tamanho do supermercado

Segundo Moraes; Santoro (2002), a produção de uma linha pode ser protegida de falhas empregando-se pulmões de estoque. Um supermercado no ambiente produtivo funciona como um pulmão e possui a função de, entre outras, garantir o fornecimento

de peças entre processos que possuem diferentes velocidades. Porém, devem ser corretamente dimensionados para que cumpram este objetivo.

Como nenhuma peça deve ser produzida sem um pedido do cliente, ou seja, sem um *kanban*, supõe-se que todas as peças que estão no processo já foram pedidas pela montagem. A capacidade da embalagem de peças prontas também deve ser levada em consideração, visto que um *kanban* equivale a um carrinho.

Deve ser levado em consideração o tempo de atravessamento (*lead time*), isto é, o tempo que uma peça leva para mover-se ao longo de um processo (Rother; Shook, 2003).

O menor tamanho de lote de blocos que a linha produz deve ser considerado, já que não se pode ficar trocando o modelo em produção a todo instante, conforme explicado em 2.3.1.1.

A capacidade horária da linha de usinagem, também é importante, já que peças prontas são produzidas nesta velocidade.

Desta forma, as variáveis utilizadas neste trabalho para o dimensionamento do supermercado são:

- Capacidade do carrinho de peças prontas;
- Tempo de atravessamento;
- Lote mínimo de produção;
- Capacidade horária.

Sugere-se, para cálculo da quantidade de carrinhos no supermercado, a eq.(9), a qual é uma adaptação da eq.(8) feita pelo autor deste trabalho em experimentos práticos na área teste. Esta equação minimiza o tamanho da área física, pois especifica o número máximo de carrinhos necessários (C) para cada linha de usinagem, sem risco de falta de peças para a linha de montagem, considerando-se uma eficiência de 100%, ou seja, ausência de paradas nas linhas de usinagem.

$$C = \frac{\text{lote mínimo de produção} + \text{tempo de atravessamento} * \text{capacidade horária}}{\text{capacidade do rack de peças prontas}} \quad (9)$$

O número de carrinhos no supermercado para a linha de usinagem B1, é calculado a seguir:

$$C = [200 + (4 * 60)] / 24 = 18,3, \text{ ou seja, } 19 \text{ carrinhos}$$

Para a linha de usinagem B2:

$$C = [300 + (6 * 50)] / 24 = 25 \text{ carrinhos}$$

O tamanho da área física disponível para estocagem é o fator que limita o número máximo de peças que podem ser estocadas. Mas, como explicado em 2.4.2, o inventário é um dos sete tipos de desperdício e deve ser minimizado.

### **5.5.3. Escolha da melhor alternativa.**

No cenário atual, nas linhas de usinagem de blocos do motor, observam-se as seguintes características:

Um carrinho de peças prontas comporta 24 blocos de motor, pesando cada um 45 kilogramas, totalizando 1080 kilogramas. O carrinho tem um formato retangular e suas dimensões são 1,5 m por 1,2 m, com uma área da base de 1,8 m<sup>2</sup>.

Este carrinho é transportado por uma empilhadeira dirigida por um operador.

Na linha de usinagem B1 são produzidos 60 blocos por hora de todas as quatro cilindradas e na outra linha de usinagem, B2, são produzidos 50 blocos por hora, porém apenas os modelos 1.0 e 1.4 litros de cilindrada. As duas linhas de usinagem de blocos trabalham em três turnos.

Existe uma área de estocagem de blocos usinados para cada uma das linhas de usinagem, porém não existe um controle de números de carrinhos existentes.

Nas linhas de montagem de motores, observam-se as seguintes características:

Uma das linhas trabalha em dois turnos e a outra em somente um turno.

Não existe local para armazenamento de carrinhos de blocos, a não ser o que está sendo consumido.

Na linha de montagem 1 são montados todos os tipos de motores, enquanto que na outra, apenas o motor com 1.8 litros de cilindrada não é montado.

Um dos critérios para escolha da alternativa de onde colocar o supermercado é a distância a ser percorrida pela empilhadeira no abastecimento ou retirada de carrinhos prontos, pois a menor distância tem as vantagens de gastar menos combustível, gastar menos hora de operador de empilhadeira e gastar menos tempo no manuseio.

De posse destas informações, as três alternativas são analisadas.

#### a) Alternativa 1 : Supermercado Unitário

Dado o *layout* da fábrica apresentado na figura 15 e as características da fábrica, discutidas no cenário atual, tem-se:

No setor B1 são produzidos blocos 1.0, 1.4, 1.6 e 1.8 litros de cilindrada. Como o número de carrinhos calculado foi de 19, pode-se ter 19 carrinhos para cada modelo de bloco produzido.

Uma disposição indicada para cada modelo de bloco seria os 19 carrinhos colocados em 5 filas e em 2 colunas, empilhados com altura de até 2 carrinhos, perfazendo uma área de 18 m<sup>2</sup> e 20 carrinhos no total. Para dois tipos de blocos ter-se-ia 36 m<sup>2</sup>.

No setor B2 são produzidos somente blocos de motor 1.0 e 1.4.e, como calculado, são necessários 25 carrinhos para cada um destes dois modelos de bloco.

Uma disposição indicada para cada modelo de bloco seria os 25 carrinhos colocados em 7 filas e em 2 colunas, também empilhados com até 2 carrinhos de altura. No total, para os dois modelos de blocos ter-se-ia uma área de 50,4 m<sup>2</sup>.

Agregando-se todas estas áreas em um único local, ter-se-ia uma área total de 86,4 m<sup>2</sup> com os carrinhos dispostos em 8 colunas. Na figura 27 tem-se uma representação da alternativa analisada de um único supermercado.

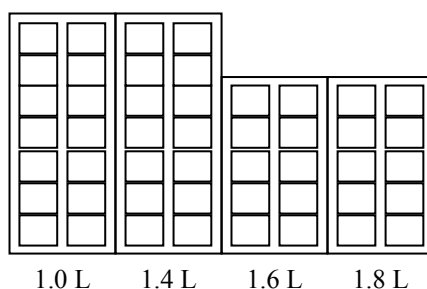


Fig. 27 – Esquema dos carrinhos para alternativa de um único supermercado.

b) Alternativa 2 : Um supermercado para cada linha de usinagem.

Cada linha de usinagem terá o seu respectivo supermercado sob seu controle e localizado próximo ao final do processo.

Pelos mesmos cálculos feitos na alternativa , o primeiro supermercado da linha de usinagem B1 ocupará uma área de  $36 \text{ m}^2$  para atender a produção de 1.6 e 1.8 litros de cilindrada. Para os blocos 1.0 e 1.4, eventualmente usinados nesta linha B1, é indicado mais uma coluna para colocação de carrinhos para cada modelo de bloco a serem utilizados como segurança, quando se fizer necessária a produção de um destes modelos nesta linha B1. Com estes espaços de segurança, a área ocupada junto ao B1 será de  $54 \text{ m}^2$ , conforme figura 28.

O segundo supermercado, localizado junto à linha B2, pelos mesmos cálculos ocupará uma área de  $50,4 \text{ m}^2$ .

O total de área envolvido será de  $104,4 \text{ m}^2$ , porém distribuída em dois locais diferentes. Embora seja, em área, um valor maior que aquele obtido na alternativa 1, possui a vantagem de estar melhor distribuído na planta.

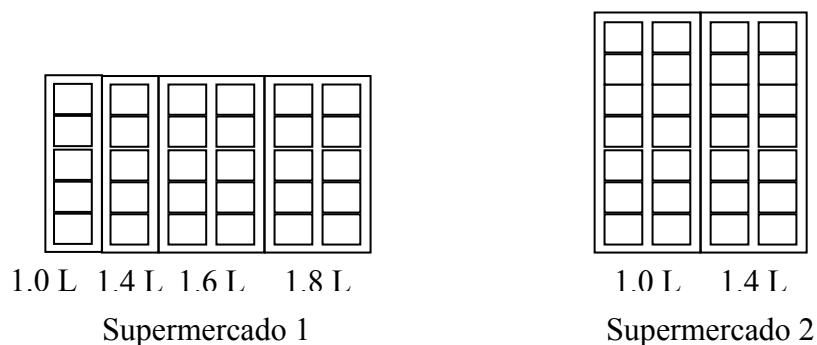


Fig. 28 – Esquema dos carrinhos para alternativa um supermercado para cada linha de usinagem.

c) Alternativa 3 : Um supermercado para cada linha de montagem

Esta alternativa foi descartada, pois haveria conflito na divisão dos produtos ofertados por B1 e de B2 aos dois supermercados. Por exemplo, quando um carrinho de blocos 1.6 ficasse pronto em B1 qual destino ele tomaria, o supermercado da LM1 ou da LM2? A figura 29 mostra outros tipos de conflitos decorrentes da localização de supermercados em áreas próximas aos clientes (LM1 e LM2). As linhas contínuas mostram o fluxo dos blocos acabados entre cada linha de usinagem (B1 e B2) e os supermercados. As linhas tracejadas mostram que este fluxo pode existir em caso de mudança na programação, seja por quebra da linha B2 ou mudança no *mix* de produção, o que implicaria em uma revisão da atual estratégia adotada.

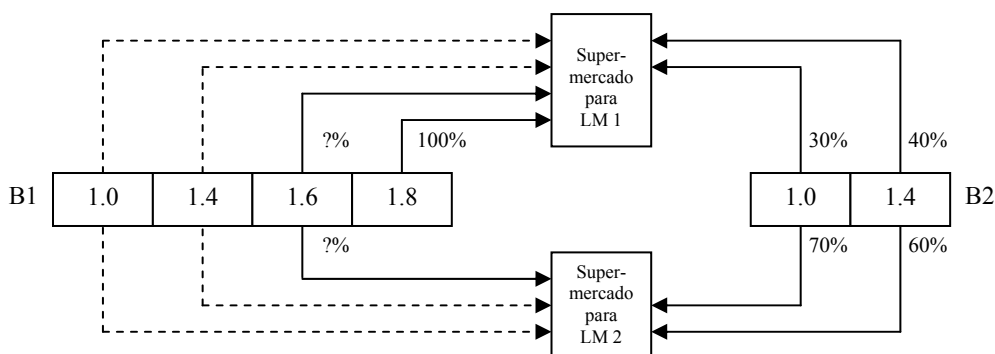


Fig. 29 – Conflitos na divisão de produtos.

Baseou-se a escolha entre as alternativas 1 e 2 pelos seguintes critérios:



- Facilidade de gerenciamento do supermercado: “No chão de fábrica, os supermercados deveriam normalmente estar localizados próximos ao processo de fornecimento para ajudar aquele processo a ter uma noção visual das necessidades e usos do cliente” (ROTHER; SHOOK, 2003, p.47);
- Tamanho da área física disponível: O *layout* atual da fábrica de motores família I não comporta um único supermercado por não existir área disponível.

Portanto, a alternativa 2 será utilizada na elaboração deste trabalho.

#### 5.5.4. Cartões *kanban* utilizados

Como já citado no item 2.3.2.1, existem dois tipos de *kanban*: o de requisição e o de produção.

A figura 30 mostra o modelo do *kanban* de produção e a figura 31, o de requisição ou de transporte, a serem utilizados na área teste enfocada neste trabalho.

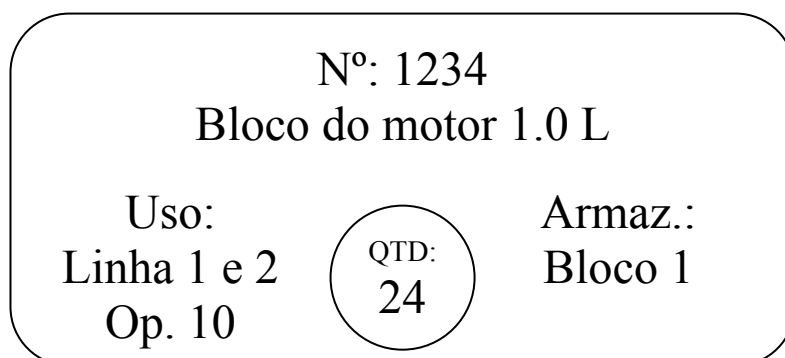


Fig. 30 – Exemplo de cartão *kanban* de produção.

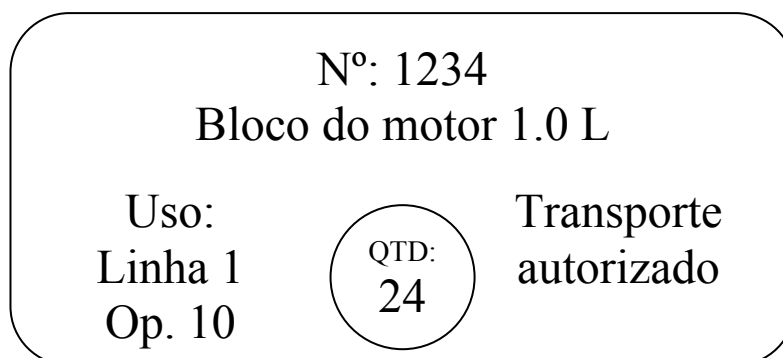


Fig. 31 – Exemplo de cartão *kanban* de requisição.

A quantidade de cartões de produção a serem utilizados é mostrada na tabela 10, conforme cálculos apresentados no item 5.5.2 e na alternativa 2, representada pela figura 28. A quantidade de cartões de requisição a serem utilizados é de um cartão para cada modelo em cada linha de montagem e também está apresentada na tabela 10.

Tabela 10 – Quantidade de cartões a serem utilizados.

Modelo de Bloco	Cartões de produção		Cartões de requisição	
	B1	B2	B1	B2
1.0	10 (*)	28	2 (**)	2
1.4	10 (*)	28	2 (**)	2
1.6	20	0	2	0
1.8	20	0	1	0

Onde:

(\*) – A ser utilizado somente em caso de quebra da linha de usinagem B2.

(\*\*) – A ser utilizado somente quando não existir peças disponíveis no supermercado B2.

Os cartões de produção, segundo 2.3.2.2 deverão ser organizados em dois quadros, cada um localizado próximos ao respectivo supermercado. O quadro possui uma coluna para cada modelo de bloco de motor. A figura 32 mostra um exemplo a ser utilizado na área teste.

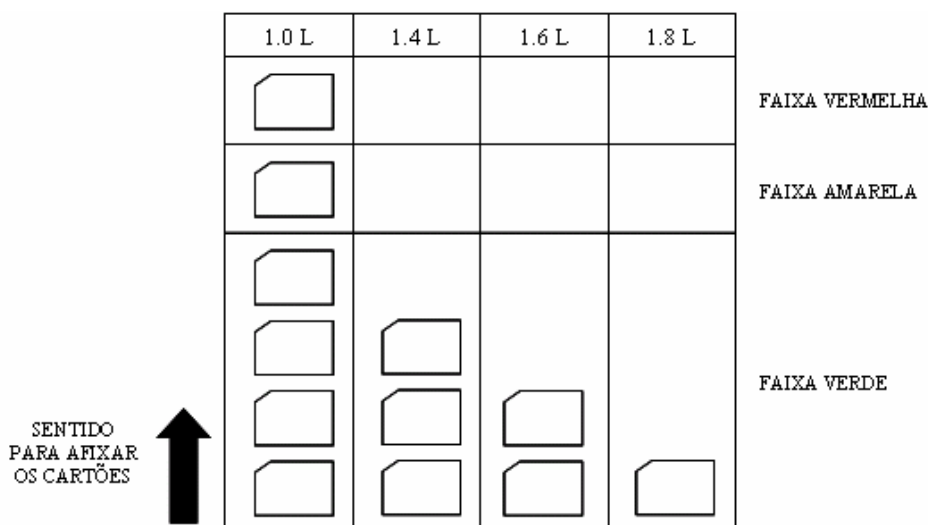


Fig. 32 – Quadro para fixação dos *kanbans* de produção no supermercado.

Neste quadro, os cartões são colocados de baixo para cima segundo a ordem de chegada. Cada quadro possui três faixas coloridas: verde, amarela e vermelha, explicadas a seguir.

**Faixa verde:** Indica que o cliente está consumindo os produtos, mas ainda não é necessária nenhuma ação por parte dos operadores das linhas de usinagem.

**Faixa amarela:** Quando o número de cartões de um mesmo modelo alcançar um determinado limite, ou seja, a faixa amarela, a produção do lote deste modelo na primeira máquina deve ser iniciada através de um comando dado pelo responsável pelo gerenciamento do quadro. Os cartões são retirados do quadro e enviados para a última máquina do processo de usinagem até a chegada do produto pronto. Cada cartão corresponde a um carrinho, ou seja, quando a carga de um carrinho está completa, um cartão é afixado nele para envio ao supermercado.

**Faixa vermelha:** Indica que os cartões já deveriam ter sido retirados e a informação levada a primeira máquina. A faixa vermelha é um sinal de atraso desta comunicação entre o supermercado e o início do processo.

A tabela 11 mostra o conceito a ser utilizado para se determinar a quantidade de cartões que pode ser contida em cada faixa do quadro, proposto na figura 32, a ser utilizado na área teste.

Tabela 11 – Quantidade de *kanbans* em cada faixa do quadro.

Faixa	Conceito utilizado	B1	B2
Verde	$N = \frac{\text{lote mínimo de produção}}{\text{Capacidade do carrinho de peças prontas}}$	9	13
Amarela	Dois cartões. O necessário para dar o sinal de atraso.	2	2
Vermelha	Um cartão.	1	1
Total		12	16

Durante a implementação desta proposta pode haver refinamentos da quantidade de *kanbans* por faixa.

## CAPÍTULO 6 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esse trabalho analisou a implantação de algumas ferramentas da manufatura enxuta na GM Powertrain de São José dos Campos. Alguns resultados foram alcançados, de acordo com as etapas previstas no cronograma de implementação do GMS (figura 19), outros, porém, encontram-se em fase de implantação ou desenvolvimento, não sendo mensuráveis seus resultados. A seguir, serão comentados os resultados alcançados e outros ainda em andamento:

Etapa 1 : Conscientização da liderança.

Houve necessidade de uso de material padronizado para o treinamento da liderança e operadores. Foi elaborado um documento-resumo de 14 páginas que apresenta a visão da empresa, sua missão, seus valores e suas prioridades culturais. Contém também informações sobre o GMS: o que é, metas, princípios e vantagens do seu emprego e finalmente, conceitos e exemplos dos sete desperdícios, que até o início do trabalho eram desconhecidos na empresa. Isso ocorreu para que a informação fosse disseminada de forma simples e resumida de forma que os funcionários pudessem, ao tomar contato com o material elaborado, visualizar os conceitos em seu ambiente de trabalho.



Fonte: Barros, 2004.

Fig. 33 – Documento-resumo elaborado para treinamento.

Estas páginas foram impressas num formato reduzido, cada página medindo 75 x 105 mm, e de fácil leitura, conforme figura 33. Por ser um documento interno da GM Powertrain e confidencial, a figura é meramente ilustrativa.

A biblioteca “enxuta” foi aprovada pelos leitores e pode-se citar que 20% dos gerentes foram presenteados com o volume lido, pois houve um grande interesse pela continuidade da pesquisa que dá suporte para atividades futuras de implantação do GMS. A variedade de livros desta biblioteca vem aumentando continuamente, pois a liderança está solicitando maior volume de leitura e informações. Um outro título solicitado foi o “Aprendendo a enxergar - M. Rother e J. Shook”, também usado como referência para este trabalho. O enfoque da biblioteca é fornecer informações sistematizadas sobre o enfoque dado pelos maiores especialistas a respeito de temas relacionados à manufatura enxuta. Pretende-se com isso, gerar massa crítica, no interior da empresa, capaz de incorporar e interpretar, de forma adaptada à realidade da GM Powertrain, não só os conceitos mas também a filosofia que se quer implantar.

Foi elaborada uma planilha para controle de entrega dos livros na data planejada de três semanas. Toda semana, o leitor que está em atraso, é avisado que a data de entrega foi ultrapassada, porém se ele ainda não terminou a leitura ele é incentivado a terminá-la no menor prazo possível. Isso evita que um determinado leitor mantenha um livro qualquer ocioso em seu poder, quando existem outros colaboradores interessados no assunto.

Com relação aos relatórios de leitura dos livros, não houve cobrança nem tempo hábil para elaboração dos mesmos. Porém, pode-se considerar que os resultados com a biblioteca foram atingidos.

O pequeno trabalho prático de aplicação de uma ferramenta nova aprendida na leitura de um dos livros em uma área produtiva da empresa também não foi executado pelos leitores, pois ainda não foi desenvolvido um sistema eficaz de cobrança. Porém, acredita-se que essa atividade é fundamental para assimilação dos conceitos da manufatura enxuta bem como para constatação dos resultados atingidos, haja vista que a simplicidade desses conceitos tende a fazer com que os leitores coloquem em dúvida a eficácia dos mesmos.

Para o treinamento prático todo o material já está elaborado. O próximo passo é implementar a logística das turmas para este treinamento. Isso vai fazer com que as pessoas envolvidas constatem a eficácia das técnicas a serem implantadas, principalmente, se comparada à situação vigente.

Etapa 2 : Formação dos especialistas.

É uma etapa que ocorre continuamente. Nos primeiros quatro meses de 2005 foi observado que o entendimento do GMS ficou mais claro para os especialistas envolvidos no processo, pois houve troca de experiências com outras plantas da GM e discussões das melhores práticas a serem utilizadas na GM Powertrain.

Como é uma etapa contínua, espera-se que os especialistas disseminem os conceitos do GMS por toda a estrutura organizacional da empresa. Um nível hierárquico que realmente necessita conhecer os conceitos e as vantagens do GMS é a supervisão de fábrica. Somente esta tem a capacidade de exigir dos líderes de time e operadores a aplicação prática dos conceitos do GMS, o que é desejado pela alta gerência.

Essa foi a forma encontrada para disseminar os conceitos GMS pela fábrica. Espera-se no futuro, que esses especialistas passem a se ocupar, cada vez mais, com aperfeiçoamento das técnicas implantadas, bem como com pesquisas a respeito de novos desenvolvimentos na área, assumindo uma atitude pró-ativa. Atualmente, fala-se e segue-se, basicamente, o “Sistema Toyota” de produção. Num futuro, espera-se que um “Sistema GM” de produção possa servir como referência a respeito desse assunto.

Etapa 3: Estrutura de recursos humanos no chão de fábrica.

A GM Powertrain já adotou como objetivo o número de dez operadores para cada líder de time até dezembro de 2005. Quando da elaboração deste trabalho a média estava em dezessete operadores por líder. Se forem constatadas melhorias na produção com a redução do número de operadores por líder, será proposta e efetivada uma diminuição paulatina, até um limite de cinco operadores, conforme citado em 5.3.

Da mesma forma que no item anterior, espera-se que os operadores incorporem as técnicas e filosofia do GMS de forma que tenham comportamento de especialistas em sua área de atuação. Assim, num futuro, espera-se que o GMS torne-se parte integrante da cultura da empresa.

#### Etapa 4. Trabalho padronizado.

Os resultados ainda não puderam ser observados, pois a etapa ainda está em andamento na linha de produção considerada neste trabalho (usinagem e montagem de motores família I).

Na montagem, como não existe um nivelamento de produção e um programa de produção estável ao longo do mês, a implementação do trabalho padronizado está sendo continuamente revisada. É um obstáculo a ser vencido, pois o balanceamento da carga de trabalho de cada operador deve ser adequado a cada modificação no programa de produção. Cabe ressaltar que esse problema já foi identificado e está sendo atacado, espera-se, num futuro bastante próximo, obter-se resultados satisfatórios nessa área.

#### Etapa 5. Kanban

Esta etapa está no início da implantação, conforme o cronograma. Os especialistas e o coordenador do GMS estão analisando e avaliando a implementação inicial.

Há necessidade que se elabore treinamentos constantes para os usuários dos kanbans.

Espera-se eliminar de uma a duas horas diárias, do tempo atualmente gasto, em reuniões para programação de produção.

As etapas previstas no cronograma estão se desenvolvendo de acordo com o planejado.



## **CAPÍTULO 7 – CONCLUSÕES E COMENTÁRIOS FINAIS**

O objetivo proposto neste trabalho, que é a melhoria dos resultados da GM Powertrain, ainda não foi plenamente atingido, pois depende da implementação total da manufatura enxuta. Porém, mesmo no atual estágio de implantação, quando esse trabalho foi elaborado, pode-se perceber vários resultados positivos que não são mensuráveis, principalmente no tocante às atitudes frente aos problemas encontrados. Além disso, nota-se claramente um maior nível de compreensão dos conceitos do GMS, tanto nos escalões mais altos quanto no chão de fábrica. Acredita-se, portanto, na plena obtenção dos resultados esperados, um forte indicador de que isso vai ocorrer é o cumprimento, até o momento, do cronograma proposto para implantação do GMS.

As ferramentas da manufatura enxuta, segundo os autores pesquisados, mostram-se eficazes para melhorar uma ou mais metas de uma empresa, podendo-se citar: segurança, qualidade, custos, produtividade e entrega.

Neste trabalho, que se encontra ainda no início da implementação do GMS, foram enfocadas propostas para melhoria da produtividade nas linhas de montagem de motores família I através do sincronismo no suprimento de componentes usinados exigidos para montagem. Redução de custos de produção, através de uma provável diminuição de estoques e de horas extras, é esperada.

As etapas propostas estão obedecendo ao cronograma, observando-se a necessidade de treinamentos em todos os níveis hierárquicos, visto que a manufatura enxuta ainda não era suficientemente conhecida na GM Powertrain. Uma recomendação é a gradativa inclusão de engenheiros de produção com experiência no assunto no quadro de funcionários da empresa, por exemplo, como supervisores de fábrica, como estagiários em áreas diversas ou na própria engenharia de produção.

Para o fortalecimento do GMS perante os supervisores e líderes de time, pode-se sugerir dois métodos. O primeiro método, deve garantir que a supervisão, que atualmente é responsável pela produção, deve ser também responsável pela prática do GMS. Como este nível hierárquico ainda não conhece o suficiente do GMS para cobrar atuações de seu grupo, sugere-se um estágio de aproximadamente um mês

junto ao grupo existente do GMS. O segundo método sugerido é a exigência de conhecimentos do GMS quando da promoção de funcionários a líderes de time ou a supervisores.

Com relação à formação de especialistas, através de seminários, *workshops*, visitas e treinamentos internos, observou-se um problema durante a elaboração deste trabalho: a transferência de especialistas para outras áreas da empresa, ocasionou a perda de tempo, dinheiro e esforços gastos no treinamento de uma pessoa que não exerce mais a função. Sugere-se que no caso de transferência de área, o funcionário continue atuando como especialista, restrição que a nova área deve aceitar, senão não deverá ocorrer a transferência. Uma outra solução é a formação de dois ou mais especialistas para cada princípio do GMS, porém, esta solução é mais dispendiosa.

Como já citado, as leituras dos livros técnicos foram apreciadas pela maioria dos leitores, porém a implementação de uma idéia importante adquirida não foi transformada em trabalho prático. Uma sugestão é modificar o relatório sobre a leitura apresentado na figura 20 em dois outros relatórios: um só para comentários da leitura e outro sobre idéias e implementação prática.

O fluxo de informação utilizado para programação da produção nas linhas de usinagem e montagem pode ser melhorado através do uso de *kanbans*.

A disciplina na utilização dos *kanbans* é fundamental e para que o sistema de produção *just-in-time* tenha sucesso, todos os operadores devem compreender o funcionamento do sistema através de treinamentos específicos e ter disciplina na utilização desta ferramenta.

A aplicação do *kanban* na fábrica deve ser seguida de outras ferramentas da manufatura enxuta, tais como, troca rápida de ferramentas, nivelamento de produção e trabalho padronizado, para que se consiga reduzir cada vez mais a quantidade de peças em estoque e obter tempos de resposta cada vez menores, ou seja, o *kanban* sozinho não faz milagres.

Ganhos em produtividade e redução de custos são almejados ao se fazer o controle e dimensionamento de supermercados. Por exemplo, um operador efetua o controle das peças prontas que estão no supermercado de uma forma simples e visual, como proposto no item 5.5.4.

Este trabalho propôs a implementação das ferramentas da manufatura enxuta na linha de usinagem de bloco do motor da fábrica de motores família I. A GM Powertrain terá ainda ganhos maiores se estender esta implementação para os motores família II e transmissões, ou seja, para toda a fábrica.

Segundo Womack; Jones; Roos (1992), enquanto os produtores em massa estabelecem metas limitadas (bom o suficiente) os produtores enxutos almejam abertamente a perfeição, por exemplo: ausência de itens defeituosos e nenhum estoque. A busca da perfeição deve ser contínua, ou seja, pode-se concluir que é um grande desafio implementar o GMS, mas mantê-lo funcionando é outro maior ainda.

## CAPÍTULO 8 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O conceito do sistema de troca rápida de ferramentas desenvolvido no Japão é muito útil na melhoria da produtividade de qualquer empresa, se aplicado corretamente.

Como roteiro para utilização destes conceitos devem ser definidas as máquinas que necessitam uma redução do tempo de *setup*. Os altos tempos de *setup* não necessariamente demonstram que uma máquina é o gargalo de um processo produtivo, mas mostram um impedimento para que o processo tenha mais flexibilidade nas mudanças de modelo das peças que estão sendo processadas. Também deve-se lembrar que esta máquina se tornará o gargalo do processo se várias trocas de modelo forem feitas consecutivamente.

Após a definição das máquinas críticas, as seguintes etapas são sugeridas:

- Realizar estudos (estatísticos) de processos de troca de ferramentas e criar roteiros padronizados de trabalhos;
- Utilizar o conceito de *setup* interno e externo;
- Reduzir continuamente os tempos de *setup* interno e externo.

Segundo Yamada; Souza; Porto (2002), o projeto de sistemas de manufatura possui um impacto significativo na habilidade da produção em atender as necessidades do mercado. Portanto, outra sugestão que se faz é que o departamento de engenharia de manufatura poderia trabalhar com troca rápida de ferramenta em novas máquinas adquiridas. Para isto, a GM Powertrain deve treinar seus engenheiros e exigir que nas novas aquisições os fornecedores de máquinas incluíssem este sistema no escopo dos projetos.

Um trabalho imediato a ser feito é a implementação do sistema *kanban* entre o estoque de produtos acabados e a linhas de montagem. A idéia básica é colocar um quadro para fixação dos *kanbans* para rapidamente se visualizar a necessidade dos modelos a serem montados, de acordo com a necessidade dos clientes.

Em alguns casos, as linhas de usinagem necessitam de estoques intermediários, para evitar paradas em caso de quebra de máquina ou tempo de *setup* alto. Estes estoques, assim como qualquer outro estoque, são condenados pela manufatura enxuta, porém

eles devem ser reduzidos através da melhoria contínua dos processos produtivos e não podem ser imediatamente eliminados. Nestes casos, deve-se também sincronizá-los através de *kanbans* específicos.

Com este trabalho, a noção dos sete tipos de desperdícios foi passada para todos os funcionários da empresa, porém existe uma necessidade de que todos eliminem os desperdícios existentes em suas atividades, sejam elas produtivas ou não; até nas atividades de escritório existem desperdícios. Um trabalho futuro pode ser conduzido para que a tarefa de eliminar desperdícios seja utilizada por todos através da prática diária desta atividade por todos os funcionários. Esta atividade pode possuir uma ligação muito estreita com o trabalho padronizado.

A manufatura enxuta possui o objetivo de eliminar os desperdícios ao longo dos processos produtivos. Como já explicado no item 2.4, os sete desperdícios podem ser eliminados através de algumas técnicas. Uma das ferramentas mais efetivas é o mapeamento do fluxo de valor, que é uma técnica de modelagem que mapeia todas as atividades da situação atual e da situação desejada do processo produtivo, desde o recebimento da matéria-prima até a entrega do produto acabado (Rother; Shook, 2003).

Segundo Moreira; Fernandes (2001), o mapeamento do fluxo de valor é muito útil na análise de problemas no fluxo de materiais e informações no setor produtivo de uma empresa.

Sugere-se utilizar o mapeamento do fluxo de valor em todos os setores produtivos da fábrica. Colocando em prática o conceito de produção “puxada”, até aqui inovador na GM Powertrain, pode-se diminuir os desperdícios existentes, como inventário excessivo, espera, superprodução, movimentação de materiais ou de pessoas, etc. Este é um trabalho com grande potencial para a GM Powertrain, pois trará redução de custos significativos na produção de motores e transmissões.

Uma área da GM Powertrain que pode influenciar com uma redução significativa no inventário da empresa é a área de materiais indiretos, responsável pelo gerenciamento das peças de reposição das máquinas, óleos e fluídos, ferramentas de corte, etc. A aplicação da metodologia *just-in-time* é sugerida.

Uma última recomendação a ser feita é com relação à divulgação dos conceitos do GMS para outras empresas fornecedoras de peças para a GM Powertrain, pois uma das causas de paradas na montagem de motores, no exemplo citado neste trabalho, é a falta de fornecimento de materiais (peças compradas de fornecedores externos).

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ANFAVEA – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. **Anuário da indústria automobilística brasileira**. 2005.

ARGENTA, C. E. B.; OLIVEIRA, L. R. **Análise do sistema kanban para gerenciamento da produção com auxílio de elementos de tecnologia da informação**. 2001.

BARROS, H.S. **Produção puxada**. Trabalho apresentado em treinamento interno da GM Powertrain, 2005. Não publicado.

\_\_\_\_\_. **Documento-resumo elaborado para treinamento**. Trabalho apresentado em treinamento interno da GM Powertrain, 2004. Não publicado.

\_\_\_\_\_. **Os sete desperdícios**. Trabalho apresentado em treinamento interno da GM Powertrain, 2004. Não publicado.

BLAXILL, M. F.; HOUT, T. M. **The fallacy of overhead quick fix**. Harvard Business Review, v.69, p.93-101, July-August, 1991.

BOHN, R. **Stop fighting fires**. Harvard Business Review, v.78, p.83-91, July-Aug. 2000.

FAVARO, C. **O sistema de produção puxada**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por: <hugo.barros@gm.com> em 03 de fevereiro de 2005.

FLEURY, A. **Toyota's Kyushu plant: Continuity and change in the Toyota production system**. In: SEMINÁRIO PARA ONDE CAMINHAM AS ORGANIZAÇÕES, Escola Politécnica da USP, ago. 1994. p.3-12

FURLAN, F. **Basics of kanban management**. [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por: <hugo.barros@gm.com> em 15 de julho de 2005.

GM. **Dados das plantas no mundo**. relatório interno, 2005

\_\_\_\_\_. **Treinamento interno de VSM.** 2005. São Caetano do Sul.

\_\_\_\_\_. **Dados de I.P.G.** 2005. São José dos Campos.

\_\_\_\_\_. **Global manufacturing system – Core requirements.** Version 2.0. Oct. 2004.

\_\_\_\_\_. **Treinamento interno de TPM.** 2004. São José dos Campos.

IM&C (International Japan Institute of Plants Maintenance). **Curso internacional para formação de instrutores de TPM.** 1995. Tokyo.

ITA (Instituto Tecnológico de Aeronáutica). **Sistema de manufatura enxuta.** São José dos Campos, ITA, 2003. Apostila do curso Gestão da manufatura, módulo 3.

LARA JR., N. C. **Planejamento e Controle de produção.** São Paulo: Ática, 1990. 102p.

LE CORBUSIER. **Planejamento urbano.** 1.ed. São Paulo: perspectiva, 1971. 203p.

LOURENÇO JR., J. **O conceito de produção enxuta aplicada a uma indústria de manufatura não seriada: uma proposta metodológica de implantação.** 2002. 126p. Dissertação de Mestrado – Departamento de economia, ciências contábeis, administração e secretariado, Universidade de Taubaté, Taubaté.

MEGGINSON, L. C.; MOSLEY, D. C.; PIETRI JR., P. H. **Administração – Conceitos e aplicações.** 1998. 4ª edição. Editora Harbra.

MISHINA, K.; TAKEDA, K. **Toyota Motor Manufacturing, U.S.A., Inc.** Boston, Havard Business School, Sep. 1995 / Case for class discution.

MIYAKE, D.I. **Produção enxuta.** São Paulo, Escola Politécnica da USP, out.2004. / Apostila da matéria PRO 5815 – Estratégias de manufatura - Utilizada no curso Mestrado Profissional em Engenharia Automotiva.

MORAES, L. H.; SANTORO, M. C. **Simulação de uma linha de usinagem de bloco de motor.** In: ENEGEP, XXII, Curitiba, 23 a 25 de outubro de 2002.



MOREIRA, M. P.; FERNANDES, F. C. F. **Avaliação do mapeamento do fluxo de valor como ferramenta da produção enxuta por meio de um estudo de caso.** 2001.

MOURA, D.A. **Caracterização e análise de um sistema de coleta programada de peças, “milk run”, na indústria automobilística nacional.** 2000. 274p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1997. 149p.

OICA – International Organization of Motor Vehicle Manufacturers, Paris, 2005. **The world’s automotive industry statistics.** Disponível em: <[www.oica.net](http://www.oica.net)>. Acesso em: 26 de abr. 2005.

REIS, A. C. C. **Implementação da manufatura enxuta na General Motors do Brasil: Avaliação do desdobramento do plano de negócios na planta da S-10.** 2004. 152p. Dissertação de Mestrado – Departamento de economia, ciências contábeis, administração e secretariado, Universidade de Taubaté, Taubaté.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar.** São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003. 112p.

SALERNO, M.S. et al. **Mudanças e persistências no padrão de relações entre montadoras e autopeças no Brasil.** Revista de administração, São Paulo, v.33, nº.3, p.16-28, jul./set. 1998.

SCUCCUGLIA, M.; LIMA, P. C. **Aplicação da metodologia lean manufacturing na área administrativa.** In: ENEGEP, 24, Florianópolis, 3 a 5 de novembro de 2004.

SHINGO, S. **Sistema de troca rápida de ferramentas, uma revolução nos processos produtivos.** Porto Alegre: Artes médicas, 2000. 323p.

\_\_\_\_\_. **O sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção.** Porto Alegre: Artes médicas, 1996. 292p.

SILVA, A. L.; GANGA, G. M. D.; JUNQUEIRA, R. P. **Como determinar os sistemas de controle da produção a partir da lei de pareto.** In: ENEGEP, XXIV, Florianópolis, 3 a 5 de novembro de 2004.

SORTINO, G. F. F. **A última janela.** In: Encarte da revista Engenharia Automotiva e Aeroespacial, São Paulo, ano 5, nº 21, Março de 2005.

YAMADA, M. C.; SOUZA, M. C. F.; PORTO, A. J. V. **Simulação de uma linha de montagem de motores.** In: ENEGEP, 22, Curitiba, 23 a 25 de outubro de 2002.

YOSHIKAZU, T.; OSADA, T. **TPM – Manutenção Produtiva Total.** 2000. 2ª edição. Instituto IMAM. São Paulo.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo.** 3.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1992. 347p.





**Anexo C – Folha de padrão de qualidade de produto.**

<p><b>Sistema Global de Manufatura</b>  <b>PADRÃO DE QUALIDADE DO PRODUTO (POS)</b></p>											
<p>DESCRIÇÃO</p>		<p>OPERACÃO</p>	<p>GMB</p>								
		<p>PÁGINA</p>									
<p>DESENHO / FOTO</p>	<p>ITEM Nº</p>	<p>MOTORES APLICADOS</p>									
<p>Resp. Qualidade - Emite e mantém documentação</p> <p>Ass. Qualidade</p>	<p>Qualidade - Aprovação</p> <p>Supervisor Qualidade</p>	<p>REVISÕES</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">DATA</td> <td>DESCRIÇÃO DA REVISÃO</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>		DATA	DESCRIÇÃO DA REVISÃO						
DATA	DESCRIÇÃO DA REVISÃO										
<p>POSTOS DE TRABALHOS ENVOLVIDOS:</p>											