

Paulo Rogerio de Camargo

Universidade de Taubaté
paulo@iconeleanconsulting.com.br

Carlos Alberto Chaves

Universidade de Taubaté
chaves@unitau.br

Antonio Faria Neto

Universidade de Taubaté
Universidade Estadual Paulista
antfarianeto@gmail.com
antfarianeto@feg.unesp.br

Eurico Arruda Filho

Universidade de Taubaté
eurico@unitau.br

Miroslava Hamzagic

Universidade de Taubaté
mira.unitau@gmail.com

Correspondência/Contato

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Departamento de Engenharia Mecânica

Rua Daniel Danelli, s/n, Jd. Morumbi
Taubaté - SP
CEP 12060-440
Fone (12) 3625-4193

Editores responsáveis

Prof. Dr. Evandro Luis Nohara
evandro@unitau.br

Prof. Dr. Luiz Eduardo Nicolini do P. Nunes
luiz.nunes@unitau.com.br

Profa. Dra. Valesca Alves Correa
valesca.correa@unitau.com.br

IMPLEMENTAÇÃO DE TÉCNICAS DA MENTALIDADE ENXUTA EM UMA EMPRESA AUTOMOBILÍSTICA

RESUMO

A competitividade e a necessidade de atingir as metas e objetivos dentro de uma empresa, faz com que estudos de melhorias sejam cada vez mais bem aceitos, e a eliminação de desperdícios é a principal atividade que contribui para alcançar tais resultados, pois além de proporcionar a redução no custo total de fabricação de peças e dos serviços prestados, eliminam também, atividades que não agregam valor ao produto, atividades estas, que os consumidores não estão dispostos a pagar. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo demonstrar um estudo real da implantação de técnicas da Mentalidade Enxuta "Lean Manufacturing", como ferramentas para aumento da produtividade e estabilidade do processo no departamento de Carrocerias de uma indústria automobilística. Num primeiro momento foi analisado o processo produtivo como: os índices da Eficiência Global dos Equipamentos (OEE), balanceamento de cargas de trabalhos e o layout fabril, onde se podem observar várias oportunidades de melhoria como: (a) redução dos lotes de produção em processo (b) redução do takt time; (c) alterações de layout; (d) aumento da produtividade. A partir daí, foi possível aplicar ações para aumento do throughput do processo produtivo, tanto para implementação das ferramentas como para a melhoria contínua. Por meio da pesquisa-ação, verifica-se que os resultados demonstraram que a eficiente e correta utilização das técnicas do Lean Manufacturing, geram ganhos em competitividade, inclusive a superação das metas da Organização, para o período do estudo. Com base nos resultados evidenciados neste trabalho, verificou-se: (a) um aumento no percentual da carga de trabalho dos montadores de 8,2% com o balanceamento da carga de trabalho sem aumentar o esforço adicional dos operadores; (b) ganho de 01 mão de obra; (c) ganhos de 2 veículos modelo "X" por hora com a eliminação de gargalo; (d) aumento na capacidade de resposta no manuseio de materiais devido a mudança de layout com a aproximação de recursos dentro da célula de trabalho, eliminando com isto vários dos desperdícios existentes. Conclui-se que a utilização de forma eficiente e correta da técnica da mentalidade enxuta conduz as empresas em ganhos de competitividade.

Palavras-chave: Manufatura Enxuta. Indústria Automobilística. Qualidade e Produtividade.

ABSTRACT

The competitiveness and the need to achieve the goals and objectives within a company, makes studies of improvements are increasingly well accepted, and the elimination of waste is the main activity that contributes to achieving such results, as well as providing a reduction in total manufacturing cost of parts and services, also eliminate activities that do not add value to the product, these activities that consumers are unwilling to pay. In this context, this paper aims to demonstrate an actual study deployment technique Theory of Lean Thinking "Lean Manufacturing" as tools to increase productivity and process stability bodies department in an automobile. At first we analyzed the production process as indices of Overall Equipment Efficiency (OEE), balancing workloads and factory layout, where you can observe several improvement opportunities such as: (a) reduction of production batches in process (b) reduction in takt time, (c) layout changes, (d) increasing productivity. From there, it was possible to apply actions to increase the throughput of the production process, so as to implement the tools for continuous improvement. The results demonstrated that the efficient and correct use of the techniques of the

Lean Manufacturing, generate gains in competitiveness, including overcoming the goals of the Organization for the study period.

Keywords: Lean Manufacturing. Automotive Industry. Quality and Productivity.

1 INTRODUÇÃO

O processo de globalização, também chamado inicialmente de internacionalização ou criação de um mercado mundial, fez com que a indústria automobilística mundial passasse por importantes transformações nos seus sistemas de manufatura nas últimas décadas, devido ao aumento da escala global da concorrência neste segmento.

No Brasil a necessidade destas transformações não foi diferente, pois a partir de 1992, com a abertura da economia, redução das alíquotas de importação e a implantação de novas indústrias, onde as quatro fabricantes tradicionais de veículos (GM, Fiat, Ford e Volkswagen), passaram a dividir espaço com dezessete montadoras, que se instalaram de forma progressiva, obrigando-as a remodelarem suas estratégias, baseadas nos conceitos de eliminação de desperdícios, redução de custos, melhoria da qualidade, aumento da produtividade e desenvolvimento de veículos globais.

Dentro deste contexto o presente trabalho se faz oportuno. Ele tem como objetivo demonstrar um estudo real da implantação de técnicas da Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*), como ferramenta visando o aumento da produtividade de um modelo de veículo no departamento de Carrocerias de uma indústria automobilística, para o atendimento da demanda externa do país.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Lean Manufacturing (Manufatura Enxuta)

Segundo Tapping e Shuker (2010, p. 1) o termo “produção *Lean*” foi introduzido em 1990 pelos pesquisadores do Massachusetts Institute of Technology (MIT), James Womack e Daniel Ross em seu livro *The Machine that Changed the World* (A Máquina que Mudou o Mundo) e desde então, tornou-se comum utilizar a palavra *Lean* como abreviatura de produção *Lean*.

Faz-se necessário ressaltar que a produção lean refere-se ao paradigma de manufatura baseado na meta fundamental do Sistema Toyota de Produção que é de minimizar o desperdício e maximizar o fluxo de trabalho.

A Figura 1 demonstra a relação dos sete tipos de perdas com os processos e as operações de uma empresa.

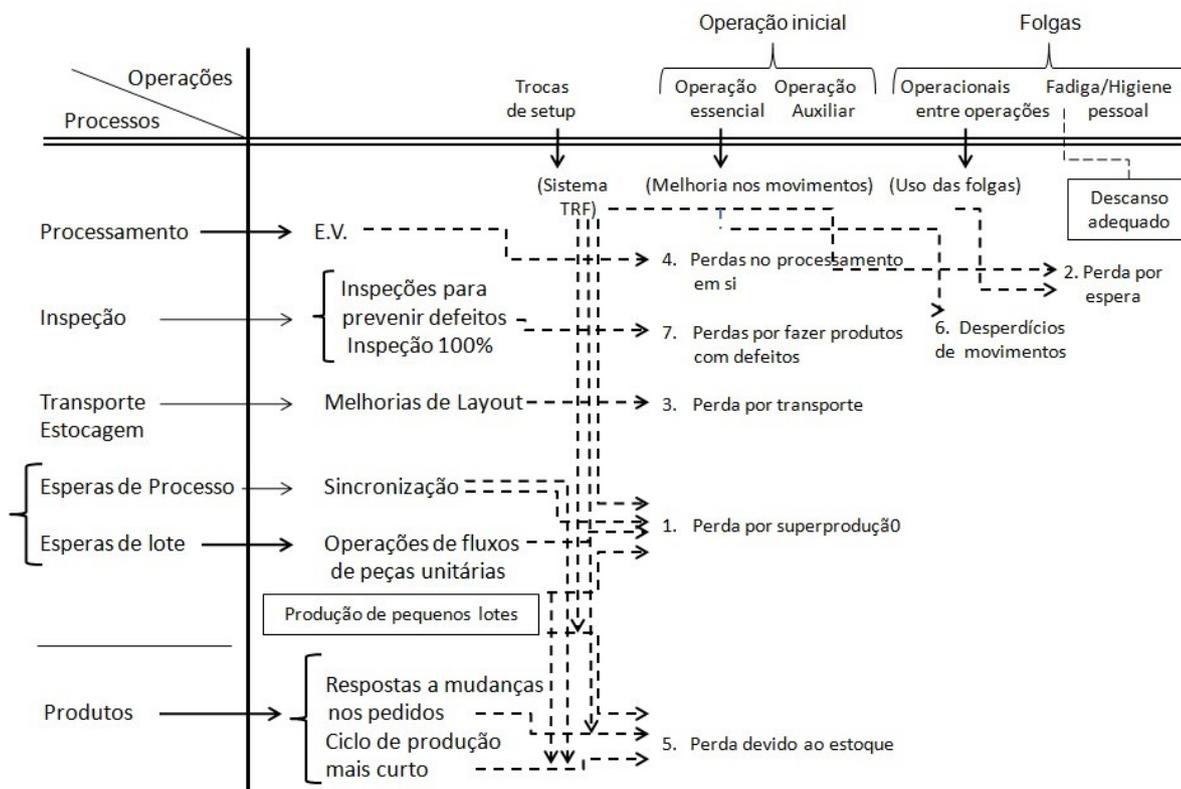


Figura 1: O Sistema Toyota de Produção e os sete tipos de perdas. Fonte: Shingo (1996 p. 227)

Imai (1992, p.79) explica que Ohno observou que o excesso de produção era a principal perda e que gerava as demais perdas e para eliminar este problema criou um sistema de produção baseado em dois aspectos estruturais: (1) o conceito “just-in-time” e (2) jidoka (autonomia).

A Figura 2 ilustra a imagem básica da produção lean e sua estrutura.

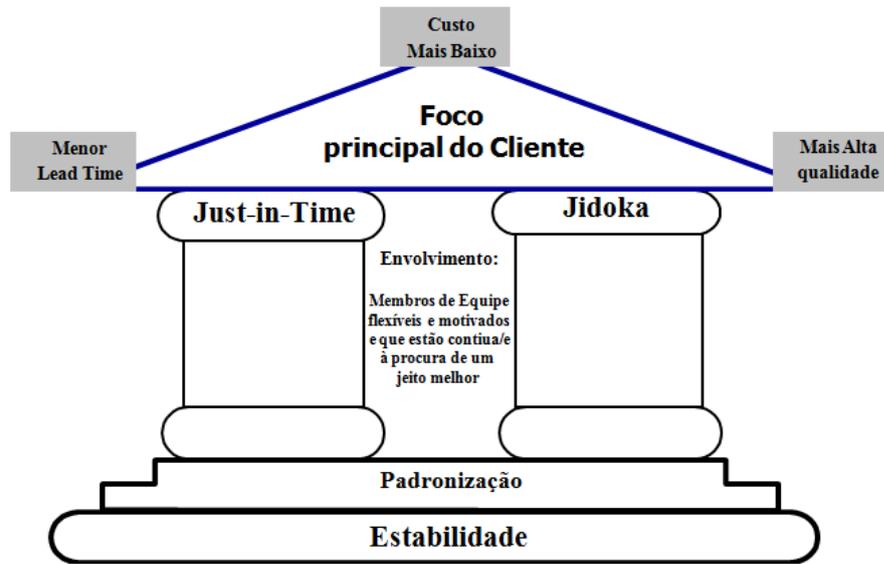


Figura 2: A imagem básica da produção lean. Fonte: Pascal (2002)

Liker (2007, p. 9) cita que novas técnicas foram desenvolvidas para a sustentação desses dois aspectos estruturais apresentados na Figura 3, dentre as quais estão: *Kanban*, Operação Padrão, *Takt-Time*, Troca Rápida de Ferramentas, Layout Celular (multifuncionalidade dos operadores / colaboradores), Nivelamento da Produção (*Heijunka*), Controle da Qualidade – Zero Defeito e *Poka-Yoke*, Manutenção Produtiva Total e 5S.



Figura 3: A imagem da produção lean. Fonte: Pascal (2002)

Liker (2004, p.51) relata que Fujio Cho, discípulo de Taiichi Ohno, desenvolveu uma representação simples “uma casa” para estender a comunicação para a base de fornecedores. Frente ao pressuposto que no dia-a-dia das primeiras décadas a Toyota não documentou sua teoria, pois a fábrica era pequena e com uma forte comunicação entre trabalhadores e administradores que estavam aprendendo constantemente.

2.1.1 A Filosofia da manufatura Just-in-Time e Jidoka

Gaither e Frazier (2002, p.409) relatam que o JIT é visto como uma inovação japonesa, popularizada pela Toyota. Entretanto Henry Ford em seu livro *Today and Tomorrow* escrito em 1926 apresentou esta abordagem na

produção do Ford Modelo T, por meio do descarregamento do minério de ferro, sua transformação em aço e conversação para veículos até a entrega para o cliente, num período inferior a 48 horas.

Gaither e Frazier (2002, p. 409) acrescentam ainda que “independente da origem do JIT, essa abordagem à produção consiste em um conjunto de idéias úteis que pode ajudar a empresa a se tornarem mais competitivas”.

Segundo Favaretto (2005, p.22) para que a produção JIT seja viável são fundamentais:

- Nivelamento da produção (*heijunka*);
- Ligar os processos ao processo anterior e posterior através de um sistema de puxar a produção;
- Ter um fluxo suave e contínuo de produção;
- Estabelecer um compasso de produção igual ao compasso de vendas, através do *takt time*.
- A Figura 4 ilustra a diferença entre a produção tradicional com a produção nivelada.

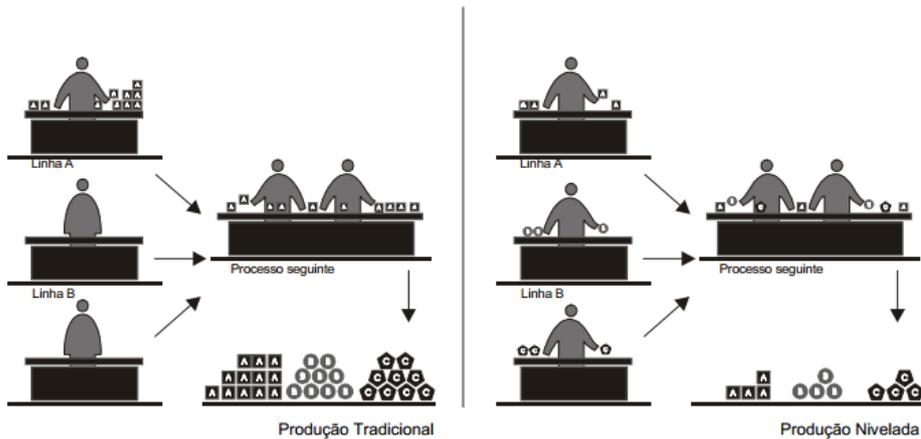


Figura 4: Diferença entre a produção tradicional com a produção nivelada. Fonte: Pascal (2002)

Segundo Pyzdek e Keller (2011, p. 325) o segredo do fluxo de valor são os requisitos do cliente. O que o cliente necessita é o que conduz toda atividade. Esse conceito é frequentemente chamado de Takt time (TT). A fórmula para o Takt time é mostrada na Equação 1.

$$Takt\ time = \frac{\text{tempo disponível de trabalho}}{\text{volumen solicitado pelo cliente}} \quad (1)$$

2.1.2 Eficiência global do equipamento (OEE)

Segundo Pascal (2002, p. 57) as medidas centrais para a eficiência de máquinas são:

- **Disponibilidade** = (tempo de carregamento – tempo de parada) / tempo de carregamento; uma medida de *uptime*;
- **Eficiência de desempenho** = tempo de operação líquido – tempo perdido / tempo de operação líquido; uma medida da eficiência enquanto a máquina está em operação;
- **Eficácia geral de equipamento** (*Overall Equipment Effectiveness “OEE”*) = disponibilidade X eficiência de desempenho X índice de qualidade; uma medida de eficácia geral de equipamento.

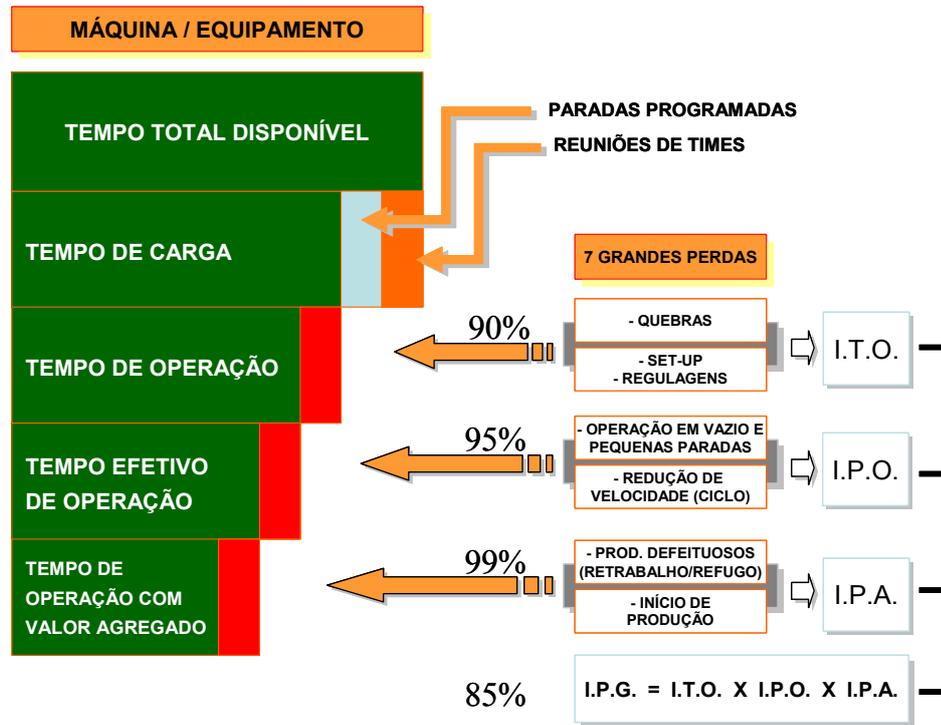


Figura 5: Índice de Performance Global – Relação entre as 7 grandes perdas. Fonte: Pascal (2002)

3 METODOLOGIA

Vergara (2000, p. 46) propõe dois critérios básicos para informar ao leitor o tipo de pesquisa realizada, sendo eles “quanto aos fins e quanto aos meios de investigação”.

Quanto aos fins, a estratégia adotada para este trabalho foi a pesquisa intervencionista, pois de forma participativa o autor deste trabalho se dispôs a analisar, interpretar, levantar dados e propor ações para resolver os problemas da empresa objeto de estudo em conjunto com os seus funcionários.

Quanto aos meios, a pesquisa foi realizada pelo estudo bibliográfico, que foi desenvolvido durante toda a pesquisa, e a pesquisa-ação.

Mazzotti e Gewandsznajder (2001, p. 159) relatam que o “estudo bibliográfico apresenta subsídios para preencher as lacunas ou as inconsistências que a pesquisa se propõe a esclarecer”. Nesse sentido, o estudo bibliográfico forneceu contribuições científicas sobre o assunto em questão.

4 ESTUDO DE CASO

4.1 Considerações Iniciais

Com a finalidade de aplicar a técnica da Manufatura Enxuta “Lean” em um departamento de carrocerias de uma indústria automotiva para aumento do *throughput* do veículo “X”, foi analisado o processo produtivo como: balanceamento de cargas de trabalhos da mão de obra, a eficiência dos equipamentos “OEE” e o layout fabril, onde se pode observar várias oportunidades de melhoria como: (a) redução dos lotes de produção em processo (b) redução do takt time; (c) alterações de layout; e (d) aumento da produtividade.

4.2 A Produção da Empresa

Os departamentos produtivos da indústria automobilística objeto de estudo estão divididos em: (1) estamparia, (2) carroceria, (3) pintura e (4) montagem geral onde se realiza operações de montagens de itens de tapeçaria e mecânicos nos veículos. A Figura 6 ilustra o layout da empresa.

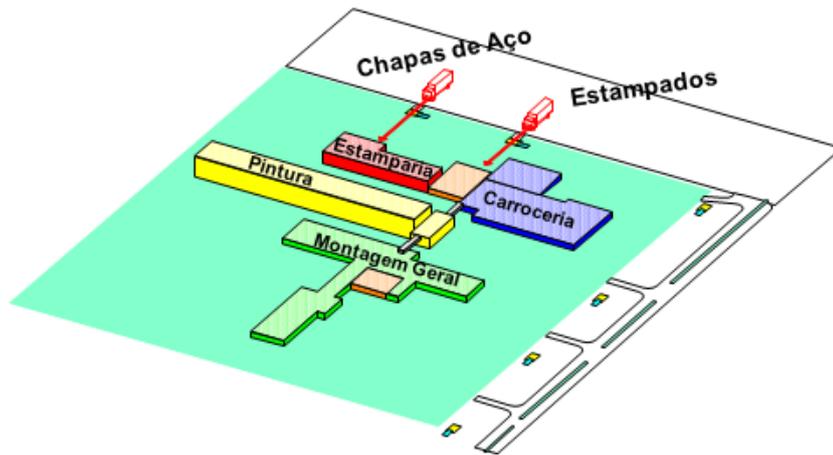


Figura 6: Layout dos departamentos produtivos. Fonte: Adaptado pelo próprio autor da empresa pesquisada

4.3 Aplicando a Técnica do Lean na Empresa

1º Passo: Identificar as restrições do sistema

A identificação das restrições num processo produtivo requer um estudo detalhado de todo o sistema. No caso em questão, tal estudo foi realizado, pelo fato de existir uma demanda de mercado de 15 veículos “X” por hora, que é maior que a capacidade produtiva da indústria objeto de estudo, pois após análise da capacidade produtiva do veículo “X” em cada departamento, verificou-se o seguinte: estamparia produz 20 veículos/hora, carroceria produz 12 veículos/hora, pintura produz 18 veículos/hora e montagem geral 18 veículos/hora, conforme ilustrado na Figura 6.



Figura 7: Capacidade produtiva do veículo “X”

Contudo, a Figura 7 deixa transparecer que o recurso restritivo de capacidade “RRC” seja o departamento de Carrocerias, ou seja o gargalo está neste processo produtivo, que limita a produtividade do veículo “X” em 12 unidades por hora. Por sua vez, este departamento esta subdividido em 05 linhas de produção interligadas entre si, onde a Figura 8 mostra a linha de menor produtividade, denominada Complementação Final, a qual limita a produção em 12 veículos/hora, antes da aplicação da técnica *Lean*.

Se o gargalo esta na área de montagem da Complementação Final, surge a seguinte questão: Qual atividade desta célula de trabalho que restringe o alcance da meta global da empresa?

A resposta para esta questão é respondida no passo 2 através do estudo de balanceamento de cargas, de *OEE* e de layout.

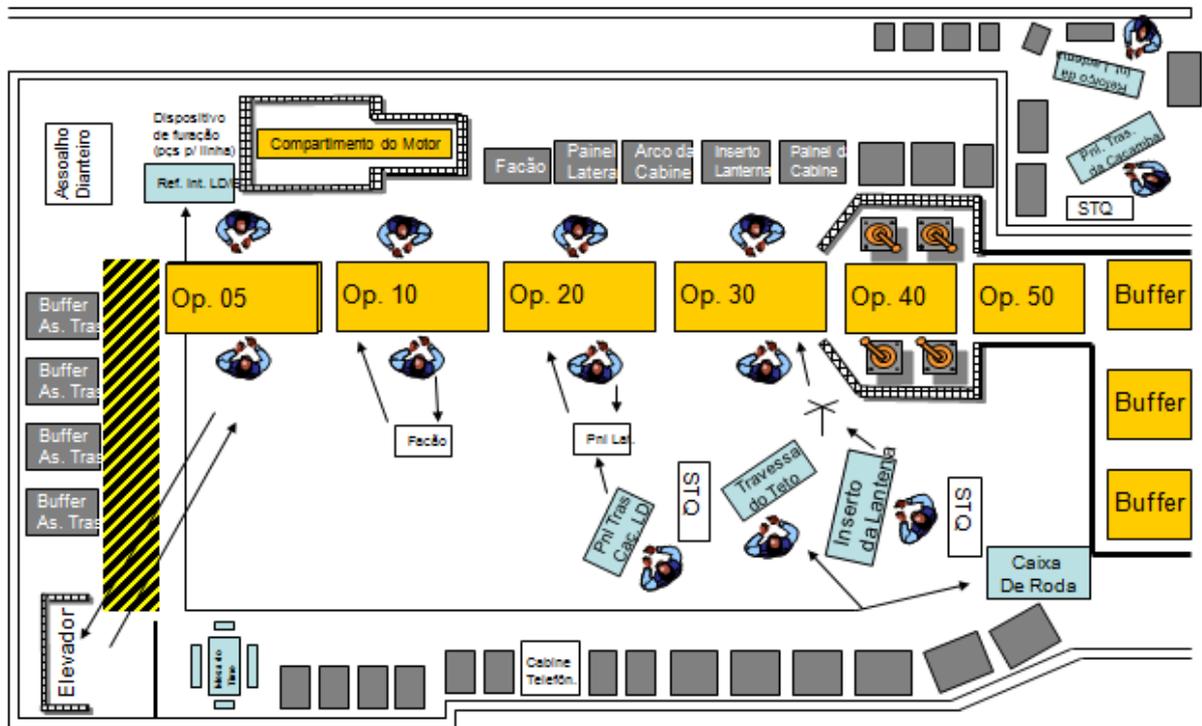


Figura 8: Layout da célula gargalo. Fonte: Adaptado pelo autor da empresa pesquisada

2º Passo: Decidir como explorar as restrições do sistema

Neste passo a princípio foi realizado o estudo de tempos de cada atividade da célula de trabalho para reconhecer onde se encontra o gargalo, bem como, os seus desperdícios (tempos n.a.v.). Os resultados estão demonstrados na Figura 9 e 10.

	Atividade	Tempo AV	Tempo NAV	Tempo Ciclo	Capacidade hora	Mix	Aproveitamento	Qtde. MT's
1	Painel Tras. LD	180	27	207	18,2	100,00	69%	1
2	Trav. do Teto + Cx Roda + Ref.	100	50	150	24,0	100,00	50%	1
3	Insero da Lanterna	202	23	225	16,3	100,00	79%	1
4	Painel Tras. Capamba	160	29	189	18,0	100,00	68%	1
5	Reforço da Lanterna	200	49	249	15,6	100,00	89%	1
6	Op. 05 LD	184	90	264	15,6	100,00	88%	1
7	Op. 05 LE	168	32	200	18,0	100,00	67%	1
8	Op. 10 LD	142	20	162	22,0	100,00	54%	1
9	Op. 10 LE	170	22	192	19,0	100,00	64%	1
10	Op. 20 LD	190	20	210	17,1	100,00	70%	1
11	Op. 20 LE	186	24	210	17,1	100,00	70%	1
12	Op. 30 LD	222	21	243	15,5	100,00	81%	1
13	Op. 30 LE	227	21	248	15,6	100,00	83%	1
14	Op. 40 LD	240	35	245	13,0	100,00	82%	automática
15	Op. 40 LE	245	32	238	16,3	100,00	79%	automática
16	Op. 50 LD	245	38	237	16,3	100,00	79%	automática
17	Op. 50 LE	243	42	238	16,3	100,00	79%	automática
18								
Média de aproveitamento							74%	
Qtde. MT's								15

Figura 9: Estudo de Tempo – Complementação Final

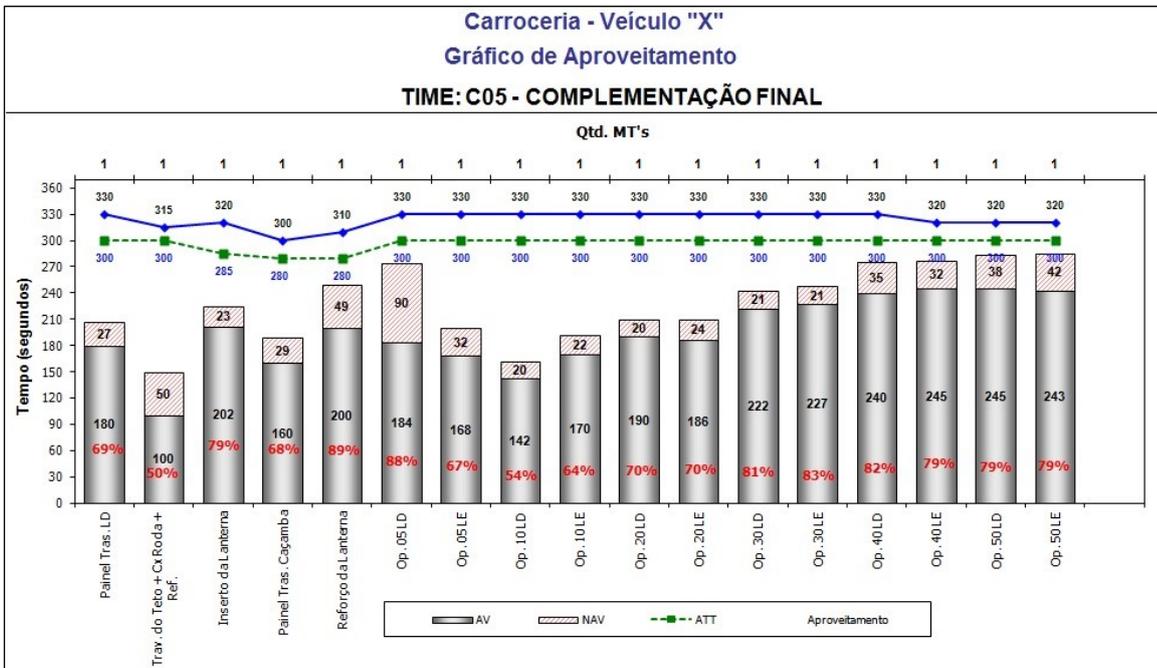


Figura 10: Gráfico de aproveitamento – Complementação Final

Com o estudo de tempos realizado por meio de cronometragens para as 17 operação da célula evidenciou-se que existe um grande desbalanceamento entre as atividades, além dos tempos que não adicionam valor as atividades (n.a.v.) como por exemplo: a Figura 10 demonstra, a variação que vai de 150 segundos (com 50% da carga de trabalho do operador) para sub-montagem da travessa do teto + caixa de roda + reforço interno LD/LE, até 274 segundos (88% da carga de trabalho do operador da operação 05 LD).

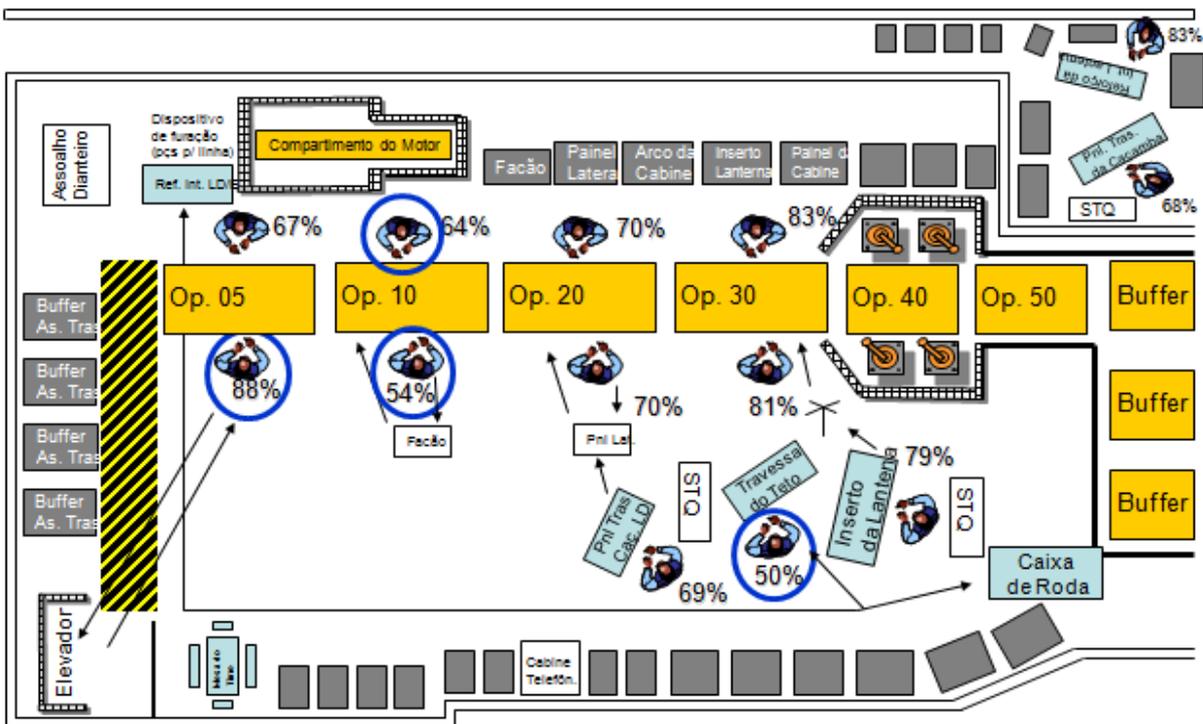


Figura 11: Layout da célula gargalo. Fonte: Adaptado pelo autor da empresa estudada

Ressalta-se ainda, que além do trabalho de cronoanálise foram analisados os diários de bordos utilizados para medir a eficiência geral dos equipamentos (*Overall Equipment Effectiveness - OEE*) e no caso em questão, foram às atividades automáticas realizadas por robôs das operações 40 e 50 LD/LE e pode-se detectar que o “RRC” (recurso restritivo de capacidade) está na operação n.º 40 LD, pois sua capacidade produtiva é de 13 veículos. Neste caso, a programação de produção deve iniciar por este recurso, ponto este, em que denominaremos de “tambor”, pois será o recurso que ditará o ritmo de todo o sistema produtivo.

A Figura 12 ilustra o diário de bordo do robô da operação n.º 40 LD com o seu resultado de IPG (índice de performance global).

Diário de Bordo para Máquinas / Equipamentos										TPM	
Time Trabalho: Complementação Final Epto: Robô Op. 40 LD											
Turno: 1º										Data: 25/08/2012	
Hora	Disponibilidade (Paradas)			Performance (Velocidades)			Qualidade (Produtos)			Código	Motivos
	Início	Término	Total	Forecast	Real	Dif.	Total	Scraps	Retrab.		
1ª	06:00	07:00	12	15	10	-5	10	0	0	A C	Reunião de 5 minutos atraso da logística
2ª	07:00	08:00	0	15	13	-2	13	0	0		
3ª	08:00	09:00	0	15	13	-2	12	0	0		
4ª	09:00	10:00	11	15	11	-4	12	0	1		Troca de eletrodo (5 min.)
5ª	10:00	11:00	0	15	12	-3	12	0	2	I	Falha operacional
6ª	12:00	13:00	0	15	13	-2	13	0	0		
7ª	13:00	14:00	0	15	13	-2	12	0	0		
8ª	14:00	15:15	10	16	13	-3	9	0	0	D	Falha no robô (10 min.)
IPG	Paradas: 33		462	Perdas: 23		98	Defeitos: 3		128	IPG	IPG = (0,93*0,81*0,094)*100 = 71%
	Tempo disponível		495	Objetivo do turno		121	Produzido		121		
	Disponibilidade		0,93	Performance		0,81	Qualidade		0,94		
Códigos		A	B	C	D	E	F	G	H	I	Assinatura Supervisor
		Reuniões	Parada program.	Falta peças	Quebra eqpto	Regulagens	Troca ferram.	Troca consum.	Utilidades	Outros	Dia: _____

Figura 12: Diário de Bordo – Robô Op. 14 – Complementação Final. Fonte: Adaptado pelo autor da empresa pesquisada

Analisando o IPG do robô da operação 40 LD pode-se visualizar que sua performance é de somente 71% e que se deve identificar a melhor forma de utilizar este recurso restrito, com o objetivo de tirar o máximo possível dele, pois nos estudos demonstrados por meio da cronoanálise sua capacidade produtiva.

Todavia, nesse passo de número 2, ficou comprovada a necessidade da utilização da Teoria das Restrições para a tomada de decisões de quais serão as operações a serem aplicadas as ferramentas do Lean para contribuir na otimização da eficiência, eliminação do gargalo e aumento de produtividade da célula de trabalho objeto de estudo.

3º Passo: Submeta todo o resto à decisão superior

Neste passo como o objetivo é proteger o conjunto de decisões relativas ao aproveitamento da restrição durante as operações diárias, foram subordinadas todas as atividades ao ritmo da restrição e para tanto foram desenvolvidas as seguintes ações:

- Balanceamento das cargas de trabalho;
- Mudanças de layout;
- Implantações de técnicas de TPM melhoria de desempenho dos robôs e equipamentos;
- Inserção de sistemas *andon* para comunicar ocorrências de anomalias;
- Inserção de *poka-yokes* para eliminação de falhas operacionais;
- Inserção de pulmões (*buffers*) para proteger os gargalos.

A Figura 13 apresenta as mudanças desenvolvidas para melhoria do *throughput* da célula de Complementação Final.

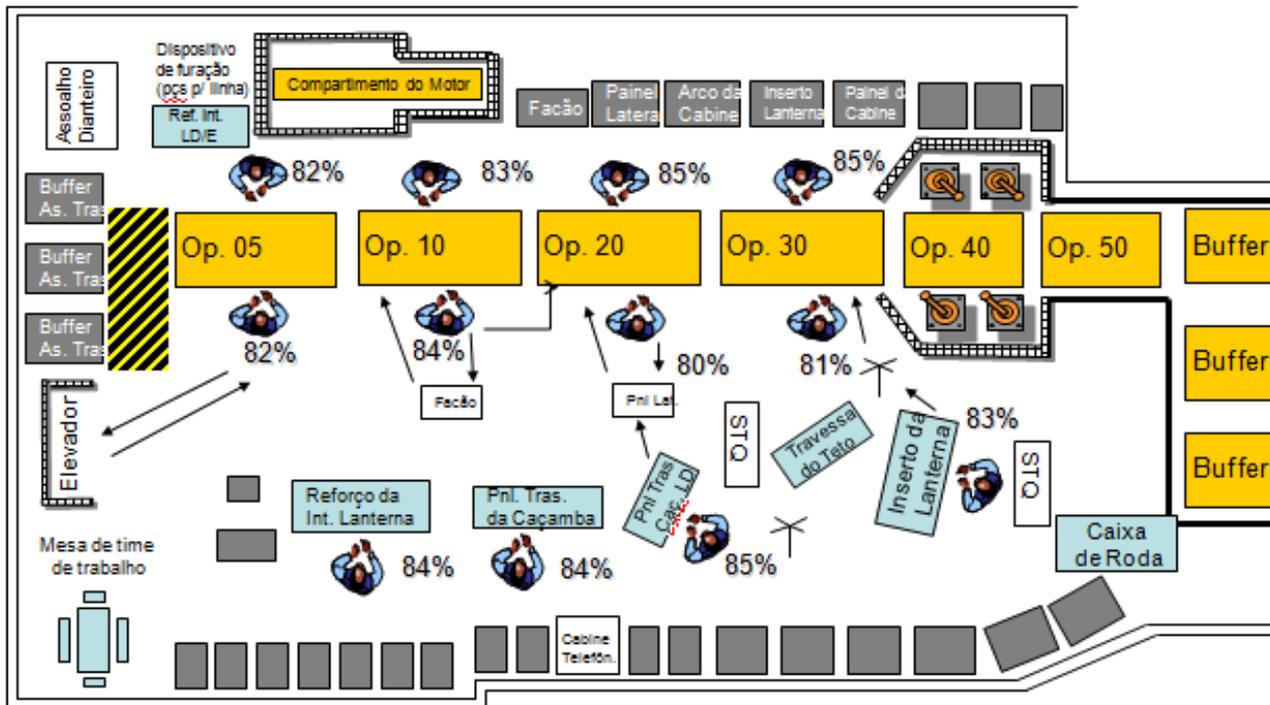


Figura 13: Novo layout e balanceamento das operações – Complementação Final. Fonte: Adaptado pelo autor da empresa pesquisada

Com a implementação das ações de melhoria listadas a implementas obteve-se os seguintes resultados:

- Aumento da produtividade de 02 veículos por hora recurso restritivo de capacidade (gargalo);
- Aumento da carga média de trabalho de 74% para 82,2%;
- Ganho de 01 mão de obra com a distribuição de tarefas;
- Transferência de pontos de solda dos robôs para célula manual;
- Redistribuição de pontos de solda entre as operações manuais;
- Instalação de *stack light (andon)* para informar a necessidade de troca de eletrodos dos robôs;
- Diminuição dos desperdícios deslocamento de materiais e pessoas com a mudança do layout;
- Diminuição do *downtime* (paradas) de máquinas e equipamentos.

5 CONCLUSÕES

Considerando que o objetivo deste trabalho consistiu na implementação da técnica da Mentalidade Enxuta “*lean manufacturing*” como ferramenta para eliminação de gargalos, aumento da produtividade no departamento de Carrocerias de uma indústria automobilística, pôde-se concluir que o objetivo foi atingido.

Para tal afirmação, buscou-se por meio da pesquisa-ação, analisar e implementar a técnica no processo produtivo na empresa objeto de estudo por meio do balanceamento de cargas de trabalhos, análise e do layout fabril, onde se podem observar várias oportunidades de melhoria como: (a) redução dos lotes de produção em processo (b) redução do *takt time*; (c) alterações de layout, para o aumento da produtividade.

Com base nos resultados evidenciados neste trabalho, verificou-se: (a) um aumento no percentual da carga de trabalho dos montadores de 8,2% com o balanceamento da carga de trabalho sem aumentar o esforço adicional dos operadores; (b) ganho de 01 mão de obra; (c) ganhos de 2 veículos modelo “X” por hora com a eliminação de gargalo; (d) aumento na capacidade de resposta no manuseio de materiais devido a mudança de layout com a aproximação de recursos dentro da célula de trabalho, eliminando com isto vários dos desperdícios existentes.

Conclui-se que a utilização de forma eficiente e correta da técnica da mentalidade enxuta conduz as empresas em ganhos de competitividade.

REFERÊNCIAS

- FAVARETTO, A. S. **Estudo do gerenciamento de ferramentas de corte na indústria automotiva de Curitiba e Região Metropolitana**. Dissertação (Programa de Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2005.
- GAITHER, Norman; FRAZIER, Greg. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.
- IMAI, M. **Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo**. 5. ed. São Paulo: IMAM, 1994.
- LIKER, K. J. **O Modelo Toyota: 14 Princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. 1. ed. Porto Alegre –RS: Bookman, 2004.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração de Produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- MAZZOTTI, Alda J.A.; GEWANDSZNAJDER, Fernando. **O Método nas Ciências Naturais e Sociais: Pesquisa Quantitativa e Qualitativa** 2. ed. São Paulo: Thomson Learning, 2001.
- PAES, Rafael Lipinski et al. **Aplicação do "Shojinka" em uma empresa metalúrgica**. XXIII ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção - Ouro Preto, MG, Brasil, 21 a 24 de outubro de 2003.
- PASCAL D. **Produção lean simplificada**. Porto Alegre: Bookman Companhia, 2002, 2.ed.
- PYSDEK, T.; KELLER, P. **Seis Sigma – guia do profissional**. 3. ed. São Paulo: Alta Books, 2011.
- SHINGO, Shigeo, **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman Companhia, 1996.
- TAPPING D., SCHUKER T. **Lean Office: Gerenciamento do Fluxo de Valor para áreas administrativas**. 1. ed. São Paulo: Leopardo Editora, 2010.
- VERGARA, Sylvia C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.