

APLICAÇÃO DO PROCESSO “LEAN MANUFACTURING” NA CABINE DE PINTURA DE AERONAVES

Flávio Luiz de Oliveira*, Hernani Monteiro*, Vanesa Mitchell Ferrari**, .

**UNIVAP/FEAU - Avenida Shishima Hifumi, 2.911 - Urbanova
CEP: 12244-000 – SJC/SP – Brasil.

*EMBRAER-Empresa Brasileira de Aeronáutica S.A.- Av. Brigadeiro Faria Lima, 2.170
São José dos Campos/SP – Brasil.

hernanimonteiro@hotmail.com; flavio.luiz@embraer.com.br; vanesa_mitchell@yahoo.com.br

Resumo: Atualmente, a alta competitividade do mercado aliada à necessidade de crescimento das empresas exige ações enérgicas, rápidas e constantes na redução de custos de fabricação e aumento de produtividade, com o intuito de se manterem competitivas no cenário atual. Tornou-se prática corriqueira a realização de trabalhos com base nos princípios de *Lean Manufacturing* e melhoria contínua, entre outros, visando redução de custos de fabricação, redução de *takt-time*, melhoria da qualidade, etc. Neste trabalho, utilizando-se essas ferramentas, analisou-se o processo produtivo e identificou-se a oportunidade de ganho no processo de pintura de aeronaves. Para tal, foi realizado um *workshop* envolvendo uma equipe multifuncional, para identificação de problemas e oportunidade de melhorias. Ao término do trabalho são apresentados estudos comparativos da situação antes e depois de implementadas as melhorias, no qual se verifica os resultados almejados e alcançados.

Palavras chaves: Aeronaves, Pintura, *Lean Manufacturing*.

Abstract: Currently, the high competitiveness market coupled to the need of business growth requires energetic actions, rapid and constant reduction in manufacturing costs and productivity improvement, in order to be competitive in the current scenario. So on, the use of *Lean Manufacturing* and continuous improvement principles, among others, aiming manufacturing costs, takt-time reduction, quality improvement, etc.. In this work, using these tools, the production process was evaluated and opportunity of gain in the process of aircraft was identified. For so, an workshop involving a multifunctional group was held in order to identify problems and improvement opportunities . Upon completion of the work, comparative studies of before and after improvement actions situation are presented and anticipated and achieved results are shown.

Key Words: Aircraft, Painting, *Lean Manufacturing*.

INTRODUÇÃO

A gestão das informações na operação fabril e na forma de se produzir está se tornando uma ferramenta cada vez mais importante. A constante concorrência e a procura pela excelência fazem com que as operações superem as expectativas de nossos clientes buscando melhorar a qualidade dos serviços prestados.

Baseando-se na filosofia na qual todo processo pode e deve ser efetuado de forma mais simplificada possível, gerando economia de recursos e tempo, será apresentado a seguir o trabalho realizado com o objetivo de caracterizar e aplicar um novo sistema de gerenciamento de manufatura que está sendo adotado por diversas indústrias, principalmente automobilísticas, denominado *Lean Manufacturing* e, dessa forma, minimizar os problemas, trazendo melhor visibilidade da linha, melhor desempenho dos operadores, melhor distribuição da linha produtiva, e redução nos custos atribuídos as atividades.

O processo atual de pintura de uma aeronave é bastante dispendioso por serem contempladas inúmeras etapas que são premissas para a Pintura final (F) propriamente dita. Essas etapas requerem efetivo elevado, bem como utilização do tempo em demasia. As atividades de isolamento (A), descontaminação (B), lixamento (C) e lavagem (D) são realizadas antes da etapa mais cautelosa que é a atividade de Pintura final (F) e estão detalhadas na tabela 1.

O objetivo deste trabalho foi a redução do tempo gasto no processo de pintura da fuselagem de aeronaves, iniciando pela a atividade de isolamento (A) até a realização da atividade de lavagem (D), já que o tempo agregado nessas atividades é alto e impacta diretamente na produção. Essas atividades são separadas em duas partes, sendo primeiramente os processos de isolamento (A) e de descontaminação (B) e posteriormente os processos lixamento (C) e lavagem (D).

Como exemplo pratico da aplicação do método e seus resultados, o caso particular de isolamento de região de antenas será apresentado. Aeronaves possuem inúmeras antenas, cuja funcionalidade é de suma importância para sua navegação. Por se tratar de itens delicados que não permitem falhas nas transmissões de dados, requerem uma atenção especial no processo de pintura, já que a mesma precisa ser totalmente isolada e estar livre de poeira e contato com a tinta que recobre a estrutura.

Tabela 1 – Etapas das Atividades de Pintura da Aeronave.

A	<i>Isolamento</i> Mascarar peças e/ou partes da aeronave que não devem ser pintadas
B	<i>Descontaminação</i> Eliminar resíduos de óleo, graxas e selantes das superfícies que serão lixadas para receber pintura
C	<i>Lixamento</i> Lixar peças e/ou partes que já estão montadas no avião, porém somente protegidas com primer epoxy.
D	<i>Lavagem</i> Descontaminar superfície para posterior etapa de pintura
E	<i>Aplicação de Primer Epoxy</i> Aplicar composto que proporcionará aderência da tinta de acabamento e auxiliará na proteção contra corrosão das superfícies metálicas.
F	<i>Pintura Final</i> Aplicar tinta de acabamento que proporcionará estética e identidade visual do produto, além da proteção contra corrosão e erosão também.

MATERIAIS E MÉTODOS

A seguir estão citadas as ferramentas utilizadas pelo sistema *Lean Manufacturing* e aplicadas no trabalho:

POKA YOKE: Dispositivo à prova de erros, destinado a evitar a ocorrência de defeitos em processos de fabricação e/ou na utilização de produtos [2].

GTO: Gráfico de tempo operacional – Utilizado para fazer um levantamento de dados de todas as atividades dos operadores envolvidas no ciclo de produção, ou seja, ficando evidente as atividades que agregam e as que não agregam valor, porém necessárias, e os desperdícios, conforme demanda do cliente [1].

5S: É um anacronismo originário das iniciais de 5 palavras em japonês, que descrevem práticas de trabalho, úteis para o gerenciamento visual e para a produção Lean. Os cinco termos em japonês são [1]:

- a- Seiri :** Senso de utilização. Refere-se à prática de se verificar todas as ferramentas, materiais, etc. na área de trabalho e manter somente os itens essenciais para o trabalho que está sendo realizado [1].
- b- Seiton :** Senso de ordenação. Enfoca a necessidade de um espaço organizado [1].
- c- Seisō :** Senso de limpeza. Designa a necessidade de manter o mais limpo possível o espaço de trabalho [1].
- d- Seiketsu :** Senso de Normalização. Criar normas e sistemáticas que todos devem cumprir. Tudo deve ser devidamente documentado [1].
- e- Shitsuke:** Senso de autodisciplina. Refere-se à manutenção e revisão dos padrões, uma vez que os 4 Ss anteriores tenham sido estabelecidos [1].

VSM: VSM (Value Stream Mapping = Mapeamento do Fluxo de Valor) é um método de análise, melhoria e gestão do fluxo de atividade cujo objetivo é a eliminação do desperdício nos processos administrativos, visando a redução dos custos e atrasos (Figura 1) [3].

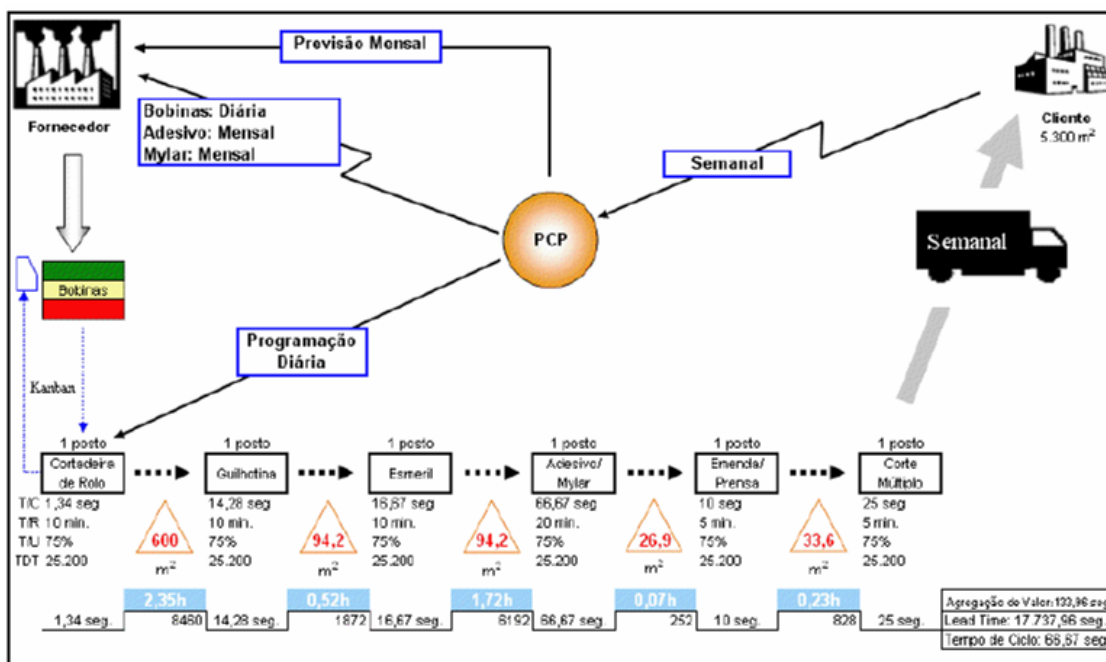


Figura 1- Exemplo de VSM [3].

O VSM é a metodologia que possibilita a gestão do fluxo produtivo e o maior entendimento do mesmo, fornecendo uma análise de desperdício dentro desse sistema. Utilizar o VSM ofereceu uma visão comum de todo o processo atual, bem como o processo, “MURO”, ou seja, o que será melhorado. Também oferece uma visão gráfica de todo o processo atual e futuro, além de permitir a identificação de necessidades de melhoria [3].

KAIZEN: (do japonês, mudança para melhor) é uma palavra de origem japonesa com o significado de melhoria contínua, gradual. Sistema de melhoria contínua no qual posturas de MUDA (desperdício) são eliminadas uma a uma, no menor custo possível. É realizado por todos os funcionários, não apenas por especialistas. Cada funcionário é responsável por contribuir para a melhoria contínua [2]

TABELA DE TRABALHOS COMBINADOS: A tabela de trabalho combinado é uma tabela na qual se exprimem as atividades a serem executadas de cada processo, tornando assim a visibilidade mais clara e objetiva para o colaborador [2].

A Tabela de trabalhos combinados foi elaborada ao longo deste estudo de forma a alinhar a atividade que cada operador deve realizar e o tempo necessário para executá-la.

DIAGRAMA DE ESPAGUETE: O diagrama de espaguete é um diagrama no qual é traçado um caminho por onde um determinado produto ou operário percorre, de modo a visualizar sua movimentação ao longo de um fluxo. Esse nome se dá pelo fato de que, na produção em massa, a rota dos produtos se assemelha a um prato de espaguete [1].

O diagrama de espaguete busca a visualização de como o produto ou operador se comportou durante o processo, avaliando o tempo gasto para a fabricação e separando esse tempo dentro de um padrão, buscando mensurar o tempo que agrega valor ao produto, ou seja, atividade que realmente é necessária para confecção de determinado produto. Além disso, foi utilizado para avaliar o tempo que não agrega valor, porém, imprescindível para a atividade como o deslocamento à preparação de uma superfície para receber uma camada de tinta, por exemplo e para avaliar o de tempo desperdiçado durante a atividade, tempo esse consumido com atividades que não agregam valor ao produto, e assim detectar e eliminar o desperdício.

A3: Prática pioneira na Toyota onde problema, análise, ações corretivas e plano de ação são escritos em uma única folha de papel (tamanho A3), normalmente utilizando-se de gráficos

e figuras. Na Toyota, os relatórios A3 evoluíram até se tornarem um método padrão de exercício de resolução de problemas, relatório de status e exercícios de planejamento como no mapeamento de fluxo de valor. Podendo também ser chamado de relatório A3 [1].

O A3 (Figura 2), além de conter as informações que irão nortear o trabalho, serve para manter o grupo dedicado e alinhado com o foco principal, ou seja, a meta. A maneira como formatar um A3 é distinta a cada empresa, porém a sua filosofia é a mesma.

Site	SJK	Time	4	Sala de Guerra	F210	
	Semana Kaizen	Data Início Semana Kaizen:				
Descrição de Projeto	Pintura Final F-210 (preparação para pintura básica)					
Metas do Projeto:	Redução de tempo de Hh das atividades de 96h para 64h					
	Reduzir a movimentação dos operadores de 150m para 20m					
	Reduzir a quantidade de operadores do 1º isolamento de 12 para 10					
	Reduzir a quantidade de operadores do 2º isolamento de 12 para 06					
Papel no Time	Nome do membro do Time			Cargo	Área	
Líder						
Co-Líder						
Membro						
Apoio: (Manutenção)						

Figura 2 –Exemplo de A3 [1].

ANÁLISE CRÍTICA DO PROBLEMA: A análise crítica do problema é uma maneira de registrar os problemas que ocorrem em cada etapa do processo a ser utilizado na filosofia Lean. Geralmente estruturada em forma de tabela, embora possa também ser descrita de outra maneira, desde que possua alguns itens que são imprescindíveis [4]. São eles:

- a- Tipo de problema;
- b- Em qual atividade esse problema ocorre;
- c- Responsável pela resolução do problema;
- d- Prazo para conclusão deste item.

STDW – STANDARD WORK: O trabalho Padrão consiste na definição e formalização dos processos para haver previsão e repetição de seus resultados [4].

A padronização se baseia em:

- a) Definição
- b) Esclarecimento (tornar visual) o uso constante de métodos que garantirão os melhores resultados possíveis.

No desenvolvimento de um trabalho padrão, quatro enfoques deverão ser levados em consideração:

- a) Eliminação do todo trabalho desnecessário;
- b) Combinação de operações e elementos;
- c) Modificação de sequência de operações, quando possível;
- d) Simplificação das operações essenciais.

RESULTADOS

Avaliando as atividades pertinentes ao processo, foram detectados alguns aspectos de melhoria comuns. Entre elas, o alto índice de desperdício e o alto índice de operadores atuando na atividade de isolamento (A). Esta atividade é realizada praticamente em todo o processo de pintura, já que a pintura de uma aeronave, ao contrário de um automóvel, requer cuidados especiais, pois geralmente, há mais de uma cor envolvida numa determinada configuração e, em sua maioria, chega a três ou quatro cores. No processo de pintura de uma aeronave, o tempo gasto com a atividade de isolamento (A) é maior que o tempo consumido com a própria pintura.

Entretanto o que levou a direcionar as ações de melhoria para esse processo, bem como as atividades B, C e D foram as análises feitas das atividades em questão, que demonstraram um potencial de redução de tempo e/ou de funcionários devido ao alto consumo de tempo atribuído a essas atividades (Figura 3).

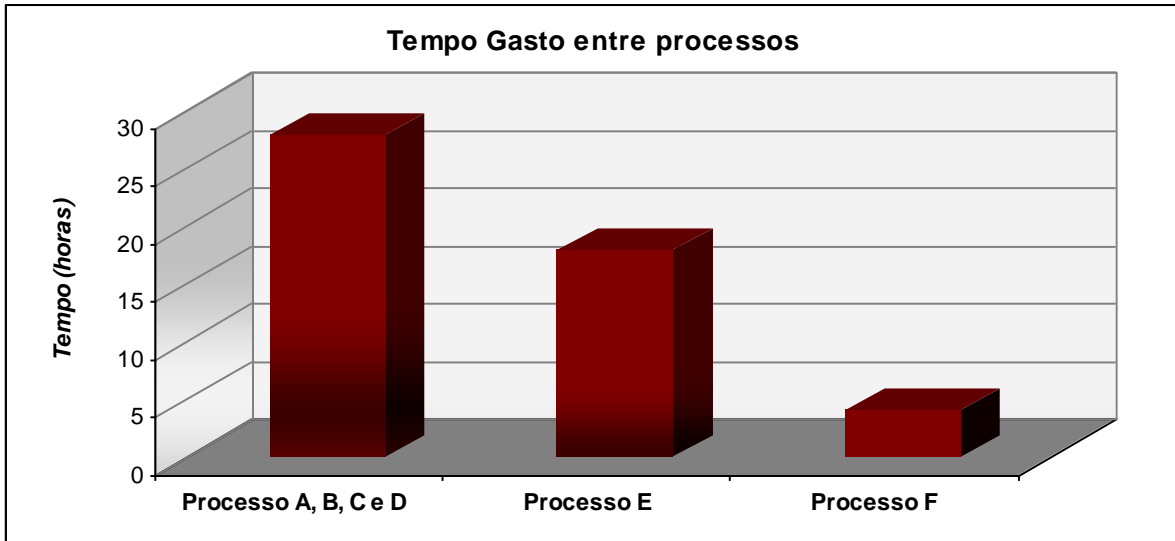


Figura 3– Fluxo produtivo do local de trabalho.

A confecção do A3 foi uma das ferramentas utilizadas nesse trabalho e tornou o trabalho mais conciso, onde se propôs a colocar os problemas, bem como ações a serem tomadas. Este A3 (Figura 4) contém a situação atual e a situação proposta. Foram listadas as pessoas que fariam parte dessa equipe multifuncional e o papel a ser desempenhado pelos membros da equipe ao longo de todo o trabalho. Assim sendo, este material A3 contém o antes, o proposto, a equipe e as medidas de contenção após a implantação, caso necessário [1] [7].

A partir da elaboração da folha A3 iniciaram-se as atividades propriamente ditas para se chegar as metas estipuladas. Criou-se responsabilidade e comprometimento em cada membro para que o objetivo fosse amplamente alcançado. Outro fator importante foi deixar visíveis e claros os problemas detectados, assim como as necessidades, evitando-se o risco de perder o foco e o objetivo do trabalho, e tornando a busca pela solução do problema mais dinâmica [9].

O diagrama de espaguete (Figura 5) foi utilizado nas medições das distâncias percorridas por equipamentos ou operadores, e com isso pode-se averiguar e confirmar que as atividades A, B, C e D seriam o foco de trabalho, por demonstrarem desperdícios que poderiam ser revertidos em tempo útil de operação, bem como a possibilidade de redução de operadores nas atividades (Figura 6).

Time:		Diretor		Gerente:	
Projeto:	Pintura Final F-210				
1. Informações gerais do Processo			4. Situação atual & Problemas (descrição do problema)		
PRODUTOS <ul style="list-style-type: none"> Fuselagem Leme Deriva Asa 170 PROCESSOS <ul style="list-style-type: none"> Lavagem Pintura de Primer Pintura 			<ul style="list-style-type: none"> Excesso de movimentação; Falta de fluxo visual das atividades (briefing); Fuselagem com resíduos de processo do fornecedor (selagem); Falta de padronização das atividades. 		
2. Quantidade de produção necessária (sempre aplicável)			5. Necessidade de Kaizen identificadas		
			<ul style="list-style-type: none"> Melhorar o Fluxo de processo; Análise dos principais problemas de Qualidade e retrabalhos Redução de Movimentação dos Operadores; Criar fluxo contínuo das atividades; Padronização das atividades 		
3. Fluxo do processo e informações					

Figura 4 – Exemplo da folha A3 [1]

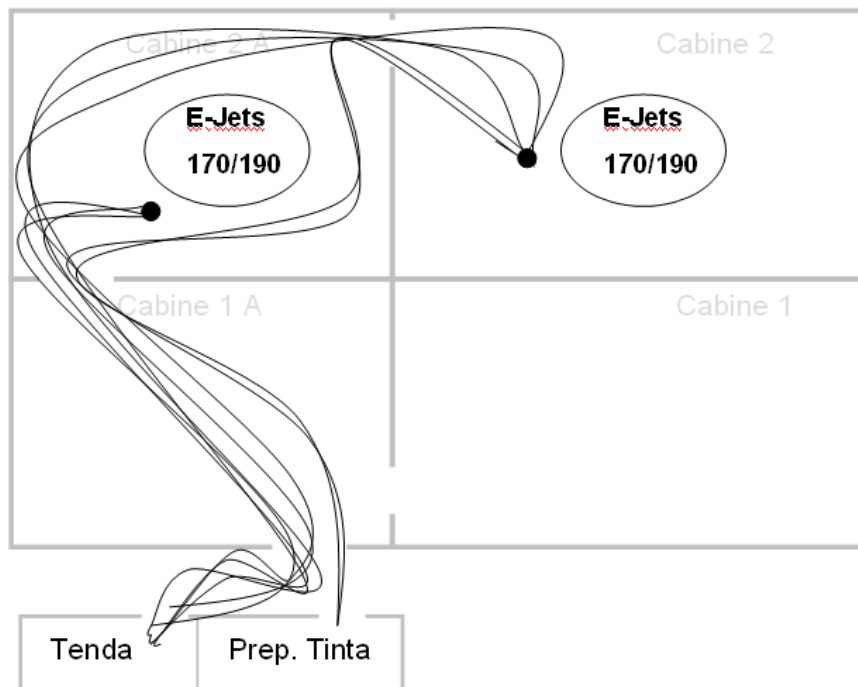


Figura 5 – Diagrama de espagete antes da implementação.

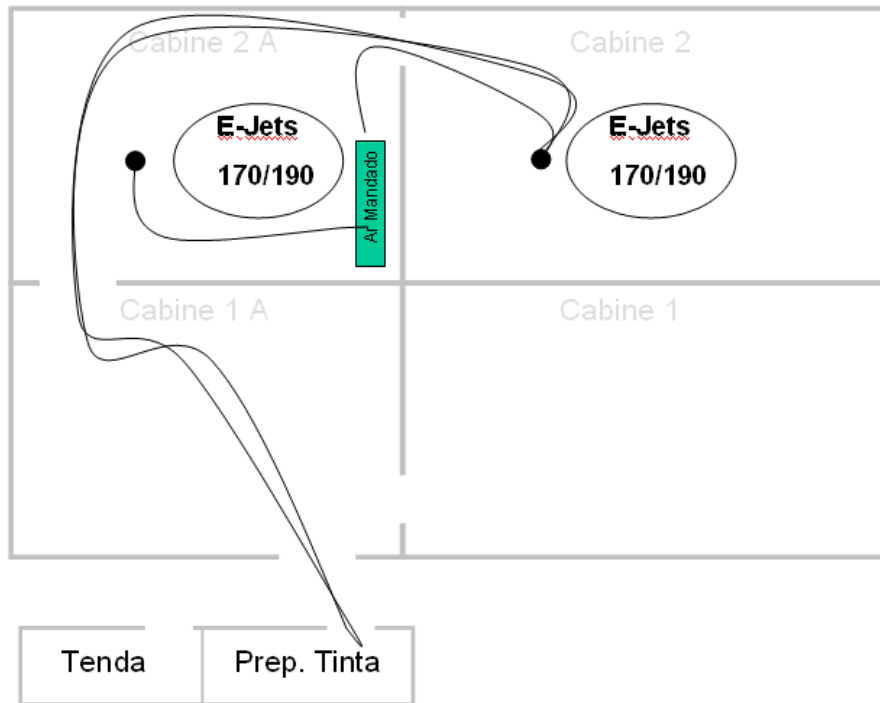


Figura 6 – Diagrama de espaguete após a implementação.

Os tempos coletados através do diagrama de espaguete foram compilados, um a um, resultando em uma combinação de dados que forneceram exatamente os tempos consumidos com operações que agregam valor ao produto, bem como as operações que não agregavam valor, porém, são necessárias, assim como proporcionaram a visualização do desperdício. O GTO (Figura 7) neste trabalho dividiu-se em duas fases, sendo a primeira contemplando as atividades A e B e a segunda as atividades C e D.

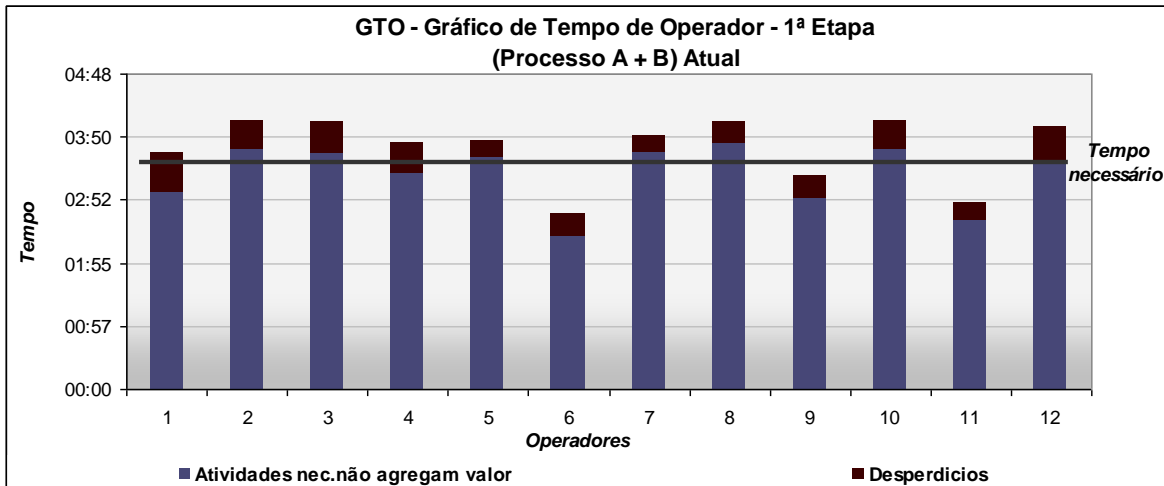


Figura 7 - GTO da 1ª Etapa - Processo antes da implementação.

Na figura 7 foi possível observar, além da visualização dos desperdícios pelas atividades em questão, um desbalanceamento dos operadores em suas atividades. Isso levou à conclusão de que não havia padronização das atividades, o que tornava o processo instável do ponto de vista de controle do processo. A falta de padronização acarretou esse desbalanceamento do tempo, e foi detectado que a ocorrência desse fator se devia a habilidade dos operadores em se desenvolver melhor numa atividade do que em outra.

Com a busca por melhoria nos fatores que geravam o desperdício, como o deslocamento excessivo do operador durante a realização da atividade, não conseguiu-se reduzir o tempo de processo, mas conseguiu-se reduzir muito o desperdício, assim como a padronização ajudou a reduzir o efetivo de 12 para 10 operadores (Figura 8) consumindo praticamente o mesmo tempo de atividade, resultando assim em redução de 16% na quantidade de operadores [7].

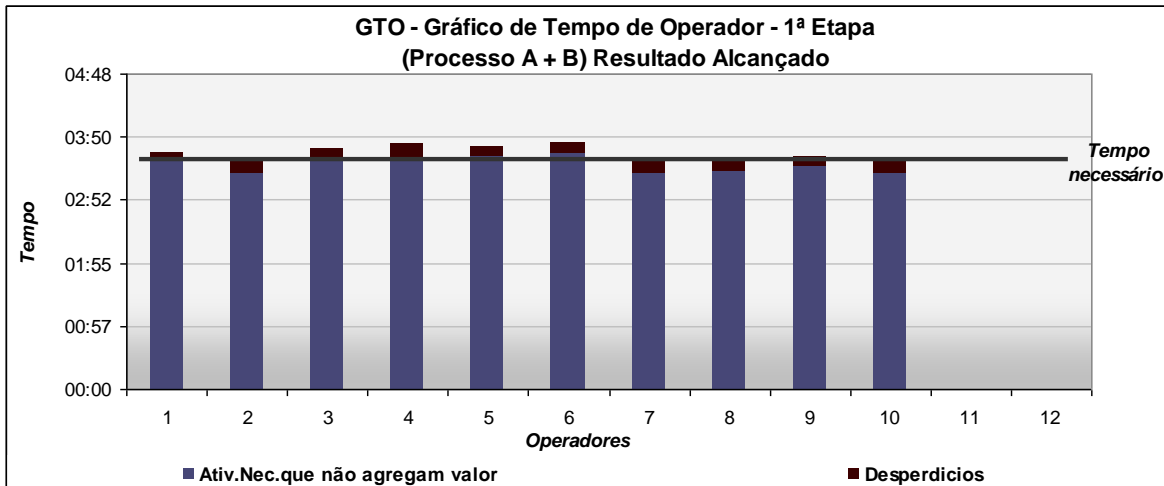


Figura 8 - GTO da 1ª Etapa – Resultado Alcançado após a implementação.

Além de conseguir eliminar os desperdícios, notou-se claramente que os operadores passaram a efetuar suas atividades de uma forma mais homogênea no que se diz respeito a tempo de processo. Isso auxiliou muito na gestão da área, pois antes não se podia iniciar uma nova atividade enquanto o último operador não acabasse seu trabalho.

Realizando os mesmos procedimentos para a 2º fase, na qual se enquadram as atividades C e D, os resultados foram ainda melhores, como pode ser visto na Figura 9.

Pode-se verificar, observando-se os gráficos 8 e 9, a consequência de um trabalho em equipe, aliado a uma forte conscientização dos colaboradores quanto à necessidade de implementar melhorias e de quebrar paradigmas, utilizando as ferramentas do Lean.

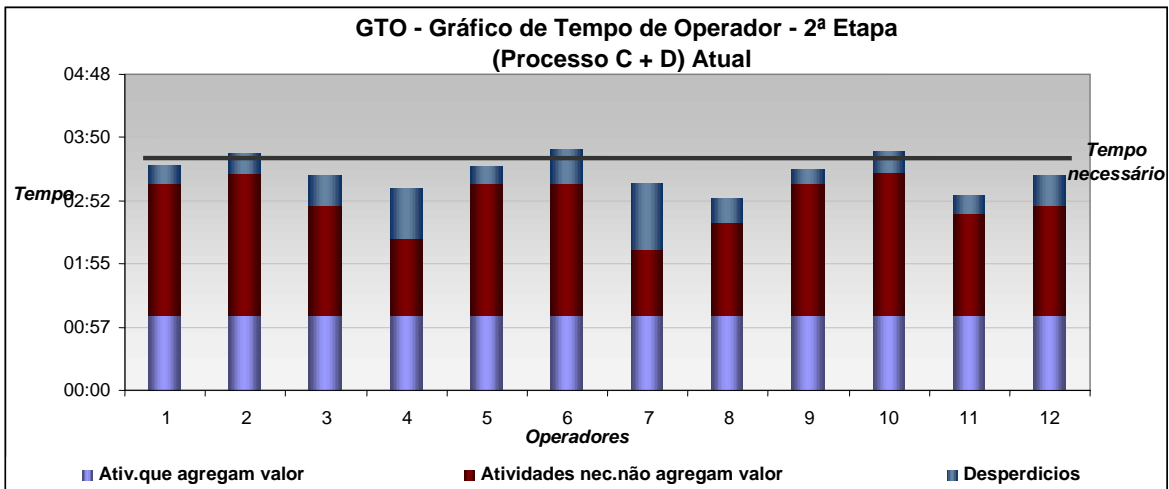


Figura 9 - GTO da 2ª Etapa – Processo Implementado.

Nota-se que, na figura 10, ocorriam os mesmos problemas de desbalanceamento e desperdícios, muitas vezes ocasionados por deslocamento de operadores para buscar material de consumo. Como as atividades eram feitas aleatoriamente pelos operadores, isso demandava um alto tempo de atividades, e um alto consumo de material. Com a padronização das atividades, e realizado um dedicado trabalho de especialização em cada operador de acordo com a região da aeronave que, a partir de então, seria de sua responsabilidade, foi possível chegar num resultado bem expressivo.

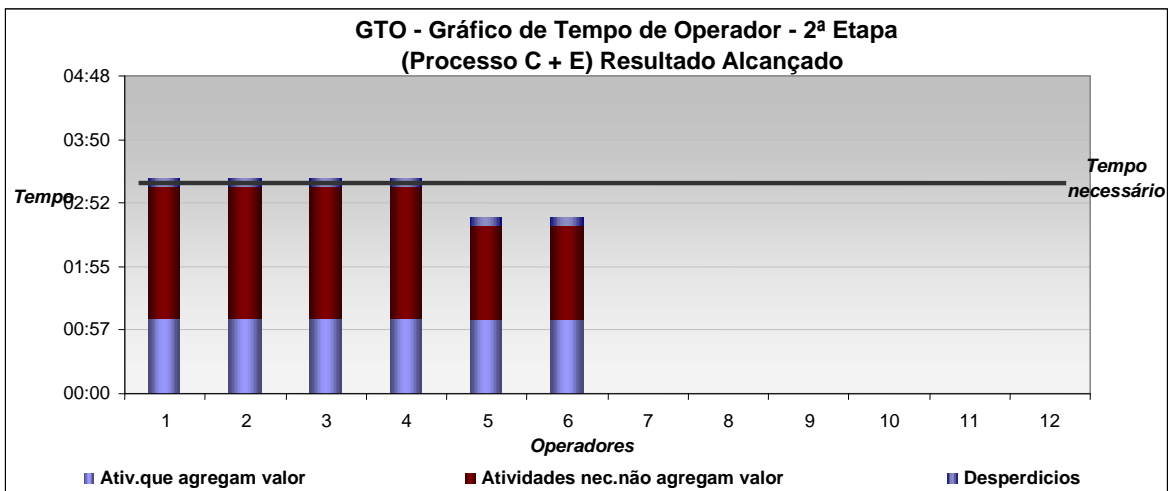


Figura 10 - GTO da 2ª Etapa – Processo após a Implementação..

Num processo de grande porte onde há inúmeros operadores que realizam operações diversas, não é comum obter padronização, muito pelo contrário, as habilidades se perdem em meio a tantas atividades, e isso ocasiona perda e desbalanceamento dentro do sistema produtivo. Dessa maneira a padronização, *standard work* (STDW), das atividades foi uma tarefa importante tanto para atingir a qualidade como para evitar desperdícios e tempos desnecessários. Foi pensando assim que se utilizou o trabalho padronizado em nas atividades de melhoria do processo. Criando folhas de trabalho padronizado (Figura 11) que visam orientar o operador dentro de sua atividade, lhe mostrando onde será sua área de atuação, por onde ele deverá iniciar sua atividade e o tempo estimado para sua realização, o operador iniciou sua atividade com todos os parâmetros necessários para que a mesma ocorresse no tempo previsto, com todos os materiais necessários, além de ter ser revisado todo o tempo de processo descrito no roteiro de atividades.

Isso não ocorria antes, já que o operador não tinha local definido para trabalhar, ocasionando gasto excessivo em determinadas atividades às que julgava serem de maior dificuldade, além de utilizar materiais de consumo em excesso, já que, em cada momento, estava deixando o posto de trabalho para obter mais recursos para continuar as atividades [7].

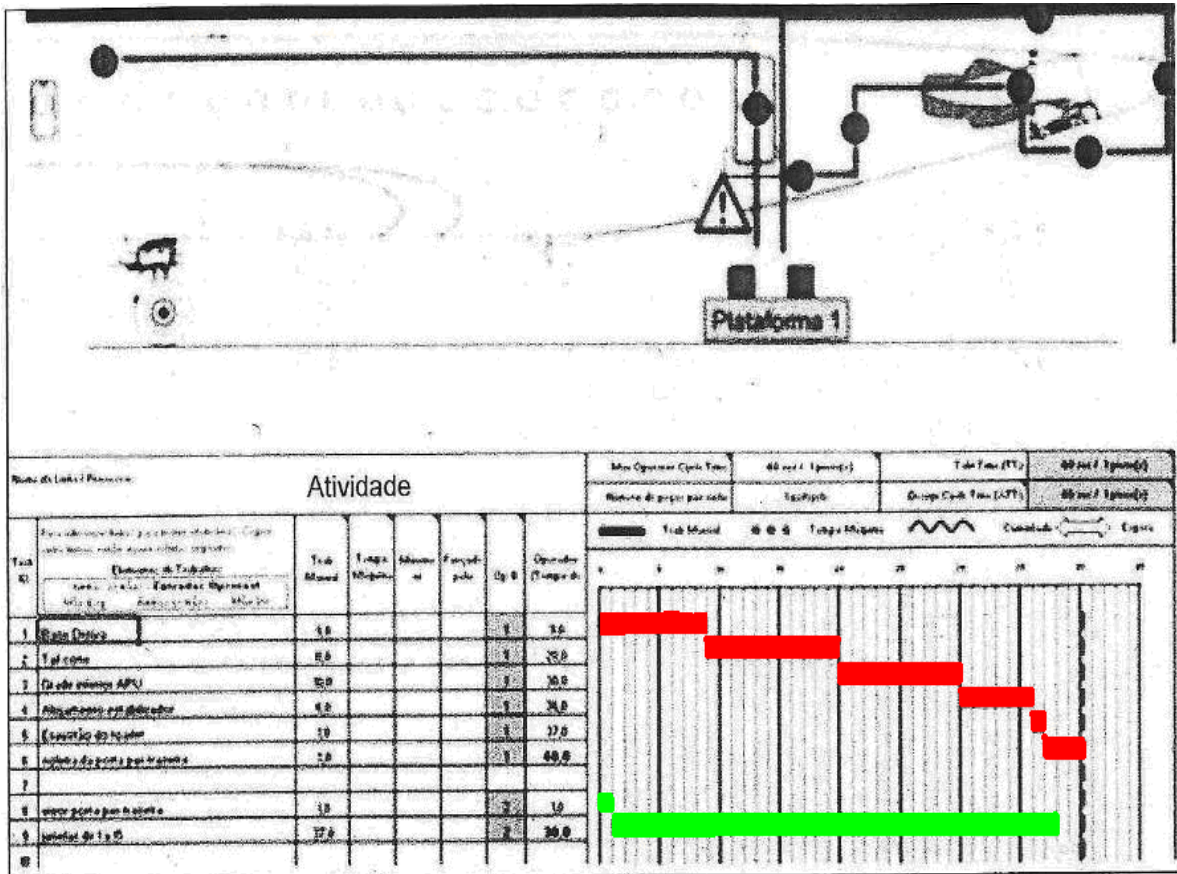


Figura 11 - Folha de trabalho padronizado [6].

Seguindo a mesma linha, o trabalho padronizado por região (Figura 11) visou dar parâmetros ao colaborador sobre a região em que a atividade seria desenvolvida. No caso, dois operadores sobem juntos na plataforma, porém o operador 1, representado em vermelho, fará as atividades na região externa, conforme descritas em seu plano. Já o operador 2, representado em verde, efetuará sua atividade na região interna conforme seu plano, equacionando o tempo entre os operadores de modo que a atividade fosse concluída num tempo muito próximo para ambos [6].

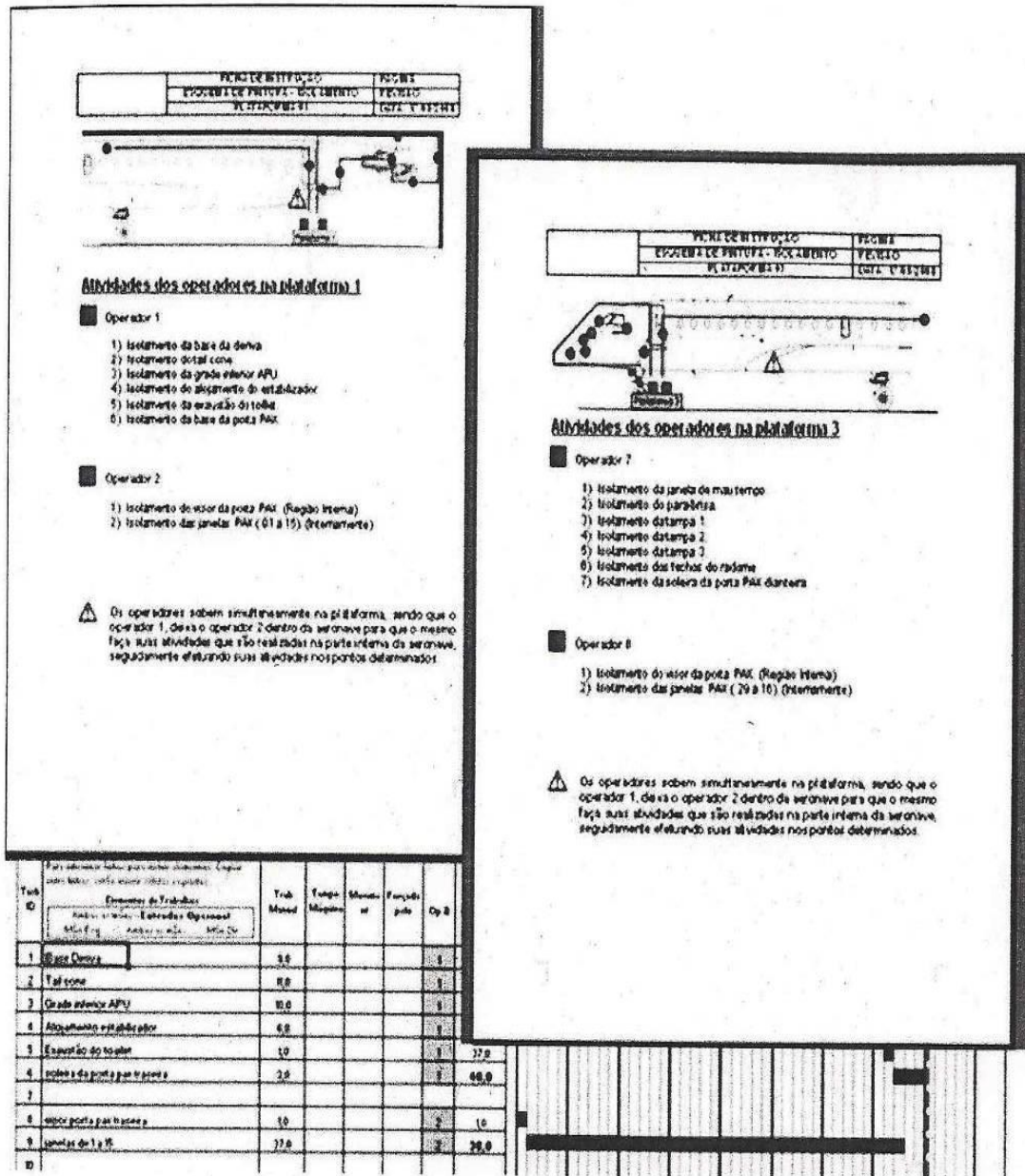


Figura 12 - Folha de trabalho padronizado por região e operador [6].

A aplicação das ferramentas proporcionou redução de 16% nas atividades isolamento (A) e descontaminação (B), ocasionando a melhora na distribuição de recursos para demais produtos. Da mesma maneira, utilizando as mesmas técnicas, conseguiu-se redução de 50% em função do número de operadores utilizados nas atividades lixamento (C) e lavagem (D). Ainda nessa linha, a aplicação do *Yokoten* proporcionou redução nos

tempos de atividades de outras linhas, o que facilitou a inclusão da atividade de *check-list* para o interior da cabine e, com isso, eliminou a necessidade de retrabalhos.

Como a cabine de pintura é um recurso compartilhado, a diminuição dos tempos e operadores possibilitou a inclusão de mais alguns produtos no interior da cabine, aumentando sua capacidade produtiva [7].

EXEMPLO DE RESULTADOS: PROCESSO DAS ANTENAS

A seguir será apresentado um exemplo de aplicação destas ferramentas em uma atividade de pintura na região da fuselagem da aeronave onde há a existência de antenas [8].

Os colaboradores efetuavam a atividade isolamento (A), com fita adesiva de largura disponível no mercado como pode ser observado na figura 13. Além de demandar muito tempo, o colaborador precisa, neste caso, estar atento para não deixar frestas entre as camadas consecutivas de fita, o que ocasionaria contaminação da região da antena. Esse processo era realizado de duas a três vezes na mesma antena.

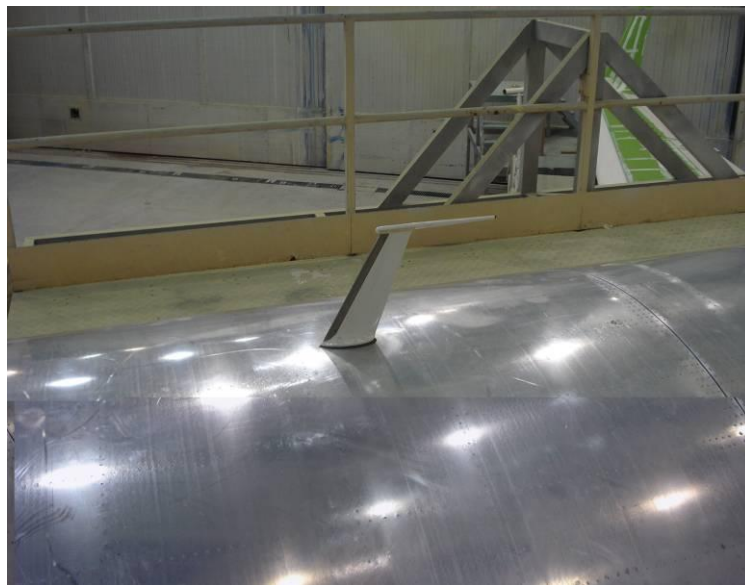


Figura 13 – Atividade A – Antes

Atualmente, o molde utilizado para efetuar a atividade isolamento (A) foi substituído por um modelo mais simples, rápido, limpo, e menos custoso. Cada antena

possui um modelo exclusivo, que impede que o colaborador utilize esse mesmo modelo em outras antenas. Assim, junto com a atividade padrão, em cada plataforma há um número de moldes de antena exclusivo para cada operador, dividido por operador e por setor de atividade em que cada colaborador atua. Assim, passou-se de um processo no qual um único operador efetuava todas as atividades de isolamento (A), para um processo no qual cada operador, ao subir em sua plataforma de trabalho já possui, além de roteiro de trabalho padronizado e do trabalho padronizado por operador e região, um kit contendo, entre outras coisas, os moldes das antenas que correspondem a sua área de atuação, tornando o processo mais rápido, eficiente e livre de falhas (Figura 14) [8].



Figura 14 – Atividade isolamento (A) - Depois [8].

KIT DE FERRAMENTAS E MATERIAL DE CONSUMO (KANBAN)

Outro fator importante e que foi decisivo para o sucesso na obtenção dos resultados foi a identificação do excesso de movimentação do colaborador por conta de falta de material de consumo, o que fez com que se criassem *kits* dedicados. Esses *kits* vieram totalmente de encontro à filosofia Lean, que visa menor movimentação possível do colaborador, evitando assim, consumo de tempo com operações desnecessárias. Alinhado com as ferramentas Lean, o kit de ferramentas e de material de consumo alinha as

atividades já padronizadas com o material fornecido nesses kits. Em outras palavras, em cada plataforma existente na cabine de pintura há um plano geral de atividades, um plano específico para cada operador, e um kit contendo somente o material necessário para que o operador realize todas as atividades previstas no processo em questão. Esses kits, bem como os planos são tanto para as atividades A e B, como para as atividades C, D e E [5].

CONCLUSÕES

As ferramentas utilizadas cumpriram com seu objetivo de melhorar a execução das atividades por meio da reavaliação do processo como um todo, causando uma mudança de cultura, levando à quebra de paradigmas e reduzindo a resistência natural às mudanças.

Com o uso das ferramentas *Lean* adequadas foi possível obter ganhos significativos, tanto no consumo de material, que agora são fornecidos através de kits e que contemplam apenas o necessário para determinada atividade, eliminando custos com desperdício, bem como a redução no número de operadores para efetuar as atividades, o que proporcionando maior flexibilidade de atuação dos operadores em outras atividades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 – *Lexico Lean – Glossário Ilustrado para Praticantes do Pensamento Lean*, 4ª edição, Lean Enterprise Institute. 2003.
- 2- OHNO, T. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale*, Productivity press, 1988.
- 3- MAGEE, D. *O Segredo da Toyota*, p. 19, 2008
- 4- CARYL C., TAKAYAMA H., SPARKS J., *Toyota Triumphs*, Newsweek International, Atlantic Edition, 2005.
- 5- LIKER, JEFFREY K. *O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Porto Alegre: Bookman, 2005. ISBN: 85-363-0495-2.
- 6- SHINGO, SHIGEO, *O sistema toyota de produção: Do ponto de vista da engenharia de produção*, Porto Alegre, Bookman, 1996. ISBN 857307071699.
- 7- SLACK, N., S. CHAMBRES, C. ARMAND E R. JOHNSTON, *Administração da produção*, São Paulo: Editora Atlas, 1997. ISBN 8521312369.

8- WOMACK, JAMES P., *A mentalidade enxuta nas empresas*, Rio de Janeiro: Editor Elsevier, 2004. ISBN 8535212