

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**Oswaldo Massaharu Ito**

**APLICANDO O EVENTO *KAIZEN* NA REDUÇÃO  
DO CICLO DE DESENVOLVIMENTO DE  
PROGRAMAS DE USINAGEM PARA  
MÁQUINAS CNC**

**TAUBATÉ – SP**

**2012**

**Oswaldo Massaharu Ito**

**APLICANDO O EVENTO *KAIZEN* NA  
REDUÇÃO DO CICLO DE DESENVOLVIMENTO  
DE PROGRAMAS DE USINAGEM PARA  
MÁQUINAS CNC**

Dissertação apresentada para obtenção de Título de  
Mestre em Engenharia Mecânica do Departamento  
de Engenharia da Universidade de Taubaté.

Área de concentração: Produção Mecânica

Orientador: Prof. Dr. Fernando Antonio Elias Claro

**TAUBATÉ – SP**

**2012**

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado  
de Bibliotecas / UNITAU - Biblioteca de Engenharia Mecânica**

1189a Ito, Osvaldo Massaharu  
Aplicando o Evento *Kaizen* na Redução do Ciclo de Desenvolvimento de Programas de Usinagens para Máquinas CNC / Osvaldo Massaharu Ito. - 2012.

85f. : il; 30 cm.

Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica) – Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia Mecânica, 2012.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Antonio Elias Claro, Departamento de Engenharia Mecânica.

1. CAD-CAM. 2. CNC. 3. Evento Kaizen. 4. Pensamento enxuto. 5. Produtividade. I. Título.

**Oswaldo Massaharu Ito**

APLICANDO O EVENTO *KAIZEN* NA REDUÇÃO DO CICLO DE  
DESENVOLVIMENTO DE PROGRAMAS DE USINAGEM PARA MÁQUINAS CNC

Dissertação apresentada para obtenção de Título de  
Mestre em Engenharia Mecânica do Departamento  
de Engenharia da Universidade de Taubaté.  
Área de concentração: Produção Mecânica

Data: \_\_\_\_\_

Resultado: \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Dilermando Nagle Travessa – Universidade Federal de São Paulo

Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Roberto Roma de Vasconcellos – Universidade de Taubaté

Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Fernando Antonio Elias Claro – Universidade de Taubaté

Assinatura \_\_\_\_\_

Dedico este trabalho à minha família que sempre me apoiou,  
me acompanharam nesta jornada com carinho e motivação,  
para que eu concluísse esta etapa da vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Fernando Antônio Elias Claro pela orientação, pelo apoio, pela dedicação, pela confiança, e principalmente pela amizade. Sua orientação e conselhos foram importantes para a conclusão desta dissertação e para o meu crescimento acadêmico e profissional.

Aos membros da banca, Prof. Dr. Dilermando Nagle Travessa e Prof. Dr. Roberto Roma de Vasconcellos, pela atenção e dedicação, pelas sugestões de grande importância na fase de Qualificação, pelos conselhos e colaborações para o aperfeiçoamento necessário para a conclusão desta dissertação.

Aos meus familiares e amigos, que trouxeram o carinho, a compreensão, o companheirismo, a motivação, o incentivo e o apoio, que estiveram ao meu lado durante essa etapa da minha vida, e desejo que continuem caminhando comigo em busca de novos desafios e conquistas.

**"Pensar faz a grandeza do homem"**

***Blaise Pascal***

## RESUMO

Com o mercado extremamente competitivo nos últimos anos, o setor da indústria aeronáutica necessita de agilidade e rapidez para atender às necessidades dos clientes externos. Para ser competitivo torna-se necessário produzir peças que irão compor o produto rapidamente e com qualidade, de forma a reduzir os custos e aumentar a agilidade na fabricação. Esta dissertação apresenta um estudo de caso realizado numa indústria do segmento aeronáutico com o objetivo de encontrar alternativas para obter ganhos de produtividade no desenvolvimento de programas de usinagem para máquinas CNC, interligadas a softwares CAD-CAM, por meio da aplicação de ferramentas do pensamento enxuto, com ênfase em eventos *Kaizen* (EK). Este método está sendo utilizado em várias indústrias com êxito e proporcionando ganhos de eficiência na solução de problemas de produtividade, com custo baixo. Durante a execução do EK, a equipe de trabalho implementou o mapeamento do fluxo de valor (MFV), buscando aumentar o valor agregado na elaboração do programa de usinagem, visando atender às necessidades do cliente interno (produção). A aplicação da metodologia tornou possível reduzir o tempo médio do ciclo de desenvolvimento da programação CN em aproximadamente 50% e o número médio de horas gastas para a criação dos programas em aproximadamente 51%. Dentre as diversas oportunidades encontradas durante a elaboração do MFV atual, destaca-se a criação dos programas de usinagem em fluxo contínuo para a obtenção destas melhorias.

**Palavras-chave:** CAD-CAM, CNC, Evento *Kaizen*, Pensamento enxuto, Produtividade.

## **ABSTRACT**

Due to an extremely competitive market in recent years, the sector of aviation industry requires speed and agility to meet their external customers' needs. To be competitive, it is necessary to produce parts that will make a quality product quickly in a way to reduce costs and increase agility in manufacturing. This dissertation presents a case study conducted in an industry of the aerospace segment with the purpose of finding alternatives for productivity gain, using lean thinking tools, specially the kaizen events (KE), in the development of machining programs for CNC machines, interconnected by CAD-CAM software. This method has been used with success in several industries leading to efficiency gains in solving problems of productivity, at low cost. During the implementation of KE, the work team implemented the value stream mapping (VSM), as an attempt to increase the value added in the preparation of the machining program and to meet the needs of the internal customer (production department). By using this methodology it was possible to reduce the average time of the development cycle of the NC programs in approximately 50% and the average number of hours spent to create the programs was also reduced in approximately 51%. Among several opportunities found during the preparation of current VSM, one of the major contributions to the productivity improvement resulted from the adoption of the continuous working flow practice.

**Keywords:** CAD-CAM, CNC, Kaizen event, Lean thinking, Productivity

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Linha de produção do Ford “T” .....	5
Figura 2 - Pilares de sustentação casa Toyota .....	7
Figura 3 – Fluxo dos cinco princípios do pensamento enxuto .....	9
Figura 4 – Os benefícios da redução de desperdícios.....	14
Figura 5 - Fluxo de solução de problemas usando-se o relatório A3 .....	15
Figura 6 – Fluxo dos oito passos para se operar em áreas administrativas enxutas .....	17
Figura 7 - Etapas do mapeamento do fluxo de valor .....	22
Figura 8 – Os símbolos utilizados no mapeamento do fluxo de valor .....	24
Figura 9 - Exemplo de mapa de fluxo de valor .....	25
Figura 10 – Os dois níveis de <i>kaizen</i> .....	27
Figura 11 - Etapas do <i>Brainstorming</i> .....	32
Figura 12 – Fluxo das etapas do EK.....	35
Figura 13 - Metodologia da aplicação do EK.....	43
Figura 14 - Fluxo da obtenção do produto .....	48
Figura 15 – Etapas para elaboração do programa de usinagem .....	50
Figura 16 – MFV estado atual .....	55
Figura 17 - Tempo de execução do programa CN no MFV atual .....	56
Figura 18 – Classificação dos desperdícios.....	62
Figura 19 - MFV estado Futuro.....	67
Figura 20 - Tempo de execução do programa CN no MFV futuro .....	68
Figura 21 - Alteração do <i>layout</i> da seção de programação.....	69
Figura 22 - Fluxo contínuo na programação (tempos hipotéticos).....	71

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Associação entre as categorias de perdas em manufatura e em áreas administrativas.....	18
Quadro 2 - Ferramentas da ME aplicáveis em atividades administrativas.....	19
Quadro 3 - Principais ferramentas utilizadas no <i>Kaizen</i> .....	29
Quadro 4 - Agenda de um Evento <i>kaizen</i> .....	36
Quadro 5 - Associação entre as etapas do PDCA e do evento <i>kaizen</i> .....	39
Quadro 6 - Critérios de prioridade para implantação das soluções.....	40
Quadro 7 – Classificação do trabalho em termos de pesquisa.....	41
Quadro 8 - Famílias de peças.....	49
Quadro 9 - Oportunidades percebidas durante eventos <i>kaizen</i> (Etapas 1 e 2).....	58
Quadro 10 - Oportunidades percebidas durante eventos <i>kaizen</i> (Etapas 3 e 4).....	59
Quadro 11 - Oportunidades percebidas durante eventos <i>kaizen</i> (Etapas 5 e 6).....	60
Quadro 12 - Oportunidades percebidas durante eventos <i>kaizen</i> (Etapas 7 e 8).....	61
Quadro 13 - Característica referente à propriedade denominada “Atendimento”.....	63
Quadro 14 - Característica referente à importância denominada “Peso”.....	63
Quadro 15 - Relatório A3.....	72

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo entre simuladores de Máquinas Virtuais .....	65
Tabela 2 - Produtividade antes e depois do <i>kaizen</i> para programas de baixa complexidade ...	73
Tabela 3 - Produtividade antes e depois do <i>kaizen</i> para programas de média complexidade ..	74
Tabela 4 - Produtividade antes e depois do <i>kaizen</i> para programas de alta complexidade .....	75

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

5S	Cinco Sentidos: <i>Seiri</i> (utilização), <i>Seiton</i> (arrumação), <i>Seiso</i> (limpeza), <i>Seiketsu</i> (saúde e higiene) e <i>Shitsuke</i> (autodisciplina)
A3	Padrão de relatório utilizado na Toyota (nome proveniente do tamanho do papel de 275 mm x 425 mm), padronizado pela ISO 216
AV	Atividade que Agrega Valor
CAD	<i>Computer Aided Design</i> (Projeto Auxiliado por Computador)
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i> (Manufatura Auxiliada por Computador)
CD	Comunicado de Discrepância
CN	Controle Numérico.
CNC	Controle Numérico por Computador
EK	Evento <i>Kaizen</i>
IMVP	<i>Institute Motor Vehicle Program</i>
JIT	<i>Just in Time</i>
KPO	<i>Kaizen Promotion Office</i>
MA	Manufatura ágil
ME	Manufatura Enxuta
MFV	Mapeamento do Fluxo de Valor
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
NAV	Atividade que Não Agrega Valor
OMCD	<i>Operation Management Consulting Division</i>
PACE	<i>Priority</i> (priorizar), <i>Action</i> (agir), <i>Consider</i> (considerar), <i>Eliminate</i> (eliminar)
PCP	Planejamento e Controle de Produção
PDCA	<i>Plan</i> (planejar), <i>Do</i> (executar), <i>Check</i> (controlar), <i>Act</i> (agir)

STP Sistema Toyota de Produção

TPM *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total)

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
1.1.	CONTEXTUALIZAÇÃO .....	1
1.2.	PROBLEMA ABORDADO PELA PESQUISA.....	2
1.3.	OBJETIVOS .....	2
1.3.1.	Objetivo Geral .....	2
1.3.2.	Objetivos Específicos .....	2
1.4.	DELIMITAÇÃO DO TRABALHO.....	3
1.5.	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	3
2.	REVISÃO DA LITERATURA .....	4
2.1.	PRIMÓRDIOS DA PRODUÇÃO EM MASSA .....	4
2.2.	O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO .....	6
2.3.	PENSAMENTO ENXUTO .....	8
2.4.	O PENSAMENTO ENXUTO EM ATIVIDADES ADMINISTRATIVAS.....	16
2.5.	OS CINCO SENSOS (5S).....	19
2.6.	MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (MFV) .....	21
2.7.	<i>KAIZEN</i> .....	26
2.8.	FERRAMENTAS DA QUALIDADE NO <i>KAIZEN</i> .....	28
2.8.1.	<i>Brainstorming</i> .....	30
2.8.2.	5 porquês .....	33
2.9.	EVENTO <i>KAIZEN</i> .....	34
3.	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	41
3.1.	CARACTERIZAÇÃO DO MÉTODO UTILIZADO .....	41
3.2.	DESCRIÇÃO DA PESQUISA REALIZADA.....	42
3.2.1.	Planejamento do Evento <i>Kaizen</i> .....	42
3.2.2.	Agenda do Evento <i>Kaizen</i> .....	46
4.	ESTUDO DE CASO .....	47
4.1.	PROCESSO DE USINAGEM .....	47
4.2.	A ÁREA DA PROGRAMAÇÃO DE CN.....	48
5.	RESULTADOS e DISCUSSÕES .....	54
5.1.	MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR PARA O ESTADO ATUAL.....	54

5.2.	IDENTIFICAÇÃO DAS OPORTUNIDADES.....	56
5.3.	IMPLANTAÇÃO VIA PROJETO.....	62
5.4.	MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR PARA O ESTADO FUTURO .....	66
5.5.	<i>LAY-OUT</i> DAS ESTAÇÕES CAM.....	68
5.6.	FLUXO CONTÍNUO NA PROGRAMAÇÃO CN .....	70
5.7.	ACOMPANHAMENTO DAS MELHORIAS.....	71
5.8.	GANHOS DE PRODUTIVIDADE.....	73
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	76
7.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	79

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Com o mercado aeronáutico cada vez mais competitivo, é necessário que as empresas busquem vantagens competitivas (DIAS, 2008). A contribuição da manufatura ágil (MA) para melhorar a competitividade é praticamente um consenso nos dias de hoje. Popularizada como um novo conceito a partir de 1991 ela foi definida como “um sistema de manufatura com capacidades em tecnologias de informação, *hardware/software* e recursos humanos para acompanhar as rápidas mudanças de necessidades do mercado, reagindo com novos produtos capazes de responder à demanda do cliente”. Entre as tecnologias que capacitam a MA encontram-se, entre outras, os *softwares* CAD/CAM (CAD - *Computer Aided Design*, Projeto Auxiliado por Computador; CAM - *Computer Aided Manufacturing*, Manufatura Auxiliada por Computador) e as máquinas ferramentas CNC (Controle Numérico por Computador) (GUNASEKARAN,1999).

O desenvolvimento da tecnologia de CAD/CAM integrados tem sido intenso nos últimos 30 anos (VINODH et al., 2009). O CAD realiza quatro funções principais: modelamento geométrico, análise de engenharia, revisão e avaliação do projeto e geração automática de desenhos.

O CAM consiste em um processador e um pós-processador que permitem ao computador entender e executar instruções. O processador é usado para desenvolver os caminhos de usinagem a partir de instruções de controle de avanço, rotação e fluído de corte, dentre outros, e o pós-processador destina-se a transformar estas informações para um formato que a máquina ferramenta possa interpretar (FERNEDA, 1999). Segundo este mesmo autor, o termo CNC foi introduzido no início dos anos 70 com a incorporação de minicomputadores nas unidades de controle de máquinas-ferramentas.

Nos dias de hoje, os programas de usinagem já podem ser transferidos via intranet a partir das estações de projeto para as máquinas operatrizes, comandar a realização de movimentos de corte e gerenciar alterações previstas durante o ciclo operacional nos parâmetros de processo, tais como ângulo, avanço e velocidade de corte.

## 1.2. PROBLEMA ABORDADO PELA PESQUISA

Apesar de possuir ferramentas de última geração para manufaturar seus produtos, a área de programação CN, na empresa onde este trabalho foi realizado, ocasionalmente encontrava dificuldades para elaborar os programas de usinagem em tempo hábil para a produção das peças, levando a atrasos nas operações posteriores. Entre estas dificuldades pode-se mencionar o planejamento da execução de serviço, ou seja, com que prioridade os programas de usinagem devem ser elaborados, e a falta de padronização da estratégia de corte.

Neste trabalho o evento *Kaizen* é utilizado como uma sistemática estruturada para identificar a causa dos desperdícios no processo e propor soluções para reduzir/eliminar os atrasos.

## 1.3. OBJETIVOS

### 1.3.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem por objetivo encontrar alternativas para obter ganhos de produtividade no desenvolvimento de programas de usinagem, realizados em uma empresa do ramo aeroespacial, utilizando para isto a metodologia do evento *Kaizen*.

### 1.3.2. Objetivos Específicos

O atendimento do objetivo geral envolve o seu desdobramento e detalhamento em três objetivos específicos:

1. construir o mapa do estado atual do processo de elaboração dos programas de usinagem, e a partir dele identificar os desperdícios;
2. construir o mapa do estado futuro deste mesmo processo;
3. diminuir o tempo de elaboração dos programas e o tempo de ciclo na disponibilização dos mesmos à produção.

#### 1.4. DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho delimita-se ao setor de programação de máquinas de usinagem onde são criados os programas de controle numérico. Os resultados obtidos estão vinculados a este setor, que se subordina à Engenharia de Manufatura, e não podem ser generalizados para outras áreas da empresa.

#### 1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação é estruturada em seis capítulos que são descritos a seguir:

- Capítulo 1: descreve a contextualização, o problema da pesquisa, os objetivos e a delimitação do trabalho.

- Capítulo 2: apresenta a fundamentação teórica necessária para a proposição da solução. São apresentados os conceitos da produção em massa, manufatura enxuta, o pensamento enxuto nas áreas administrativas, o *Kaizen* e o evento *Kaizen*. Como ainda são descritas as técnicas e ferramentas pertencentes ao sistema de produção enxuta, a filosofia do 5S, a elaboração do mapeamento do fluxo de valor e o método de implementação da situação futura, visando à otimização do setor de programação.

- Capítulo 3: aborda a metodologia da pesquisa e a descrição das etapas para elaboração do instrumento de pesquisa.

- Capítulo 4: descreve o estudo de caso, que é dividido em duas etapas: o processo de usinagem e a área de programação de controle numérico.

- Capítulo 5: apresenta os resultados obtidos após a aplicação das ferramentas do *Lean Manufacturing*.

- Capítulo 6: apresenta as considerações finais da pesquisa, além de sugestões para trabalhos futuros.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. PRIMÓRDIOS DA PRODUÇÃO EM MASSA

Para compreender plenamente o que é o pensamento enxuto, se torna necessário conhecer as origens da produção em massa de automóveis, no final do século XIX. O produtor artesanal, desde os primórdios da manufatura, lançava mão, quase sempre, de trabalhadores qualificados e ferramentas simples, mas flexíveis, para fabricar o que o cliente mais desejava: um produto exclusivo (SCUCCUGLIA, 2006).

Se a produção artesanal permitia, entretanto, criar produtos personalizados, originava também um problema óbvio: bens produzidos artesanalmente, como acontecia com a totalidade dos primeiros automóveis, custam caro demais para a maioria dos consumidores. Este inconveniente acabou por impulsionar a utilização de métodos de produção em massa no início do século XX (WOMACK; JONES e ROOS, 2004).

Após a Primeira Guerra Mundial, Alfred Sloan, da General Motors, e Henry Ford, da Ford Motors, conduziram a mudança de séculos de produção artesanal de bens - cuja liderança era européia - para a chamada era da produção em massa. Henry Ford fez com que o antigo cenário de montagem e venda de automóveis fosse modificado, criando uma fábrica moderna e transformando a indústria automobilística em um dos empreendimentos mais importantes do século XX. Em 1913, na fábrica de *Highland Park* em Detroit, EUA, Ford implantou o conceito de linha de montagem móvel, dando início à produção em massa, revolucionando os métodos de produção industrial. A Figura 1 ilustra a produção em massa de automóveis na linha de montagem do Ford “T”.



Figura 1 - Linha de produção do Ford “T”  
Fonte: Ford para todos, 2011

Foram estas inovações que tornaram a linha de montagem possível, reduzindo drasticamente os custos de fabricação e aumentando a qualidade do produto, superando assim, os problemas da produção artesanal. Com melhor remuneração para os operários e com custos de produção reduzidos o automóvel tornou-se mais simples de fabricar e acessível aos consumidores (WOMACK; JONES e ROOS, 2004).

Segundo Womack e Jones (2004), Henry Ford foi o primeiro a notar o potencial de se trabalhar num fluxo contínuo de produção, maneira pela qual se tornava possível reduzir em 90% a quantidade do esforço necessário para se montar o modelo “T”. O método do fluxo contínuo é defendido fortemente dentro do sistema enxuto, sendo atualmente utilizado em várias áreas industriais e em diversos segmentos de serviços. Ohno (1997), um dos criadores do Sistema Toyota de Produção, faz um reconhecimento a Henry Ford, como sendo o criador do sistema de produção automotiva.

Shingo (1996) afirma que:

“A Toyota tem três características básicas que a distinguem da Ford: tamanhos pequenos de lote, produção de modelos mistos e operação de fluxo contínuo de peças unitárias, desde o processamento até a montagem final. A diferença entre a Ford e a Toyota é o fato da Ford produzir em massa poucos modelos, ao passo que a Toyota produz muitos modelos em pequenas quantidades”.

## 2.2. O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

O Sistema Toyota de Produção (STP) surgiu no Japão em 1945 tendo sido impulsionado pela escassez de dinheiro e exigência por diversidade. Certas restrições no mercado exigiam a produção de pequenas quantidades de muitas variedades sob condições de baixa demanda, um destino que a indústria japonesa enfrentou no período pós-guerra (OHNO, 1997). Desenvolvido e aperfeiçoado por décadas, tem como pilares de sustentação o *just-in-time* (JIT) e o *jidoka*.

*Just-in-time* significa que cada processo deve ser suprido com os itens certos, no momento certo, na quantidade certa e no local certo, ou seja, reduzir o ciclo de produção e viabilizar o lote unitário (MONDEN, 1999). O objetivo do JIT é identificar, localizar e eliminar as perdas, garantindo um fluxo contínuo de produção. A viabilização do JIT depende de três fatores intrinsecamente relacionados: fluxo contínuo, takt time e produção puxada (GHINATO, 2000).

*Jidoka* significa simplesmente automação, ou seja, automatizar equipamentos para detectar anormalidades e parar automaticamente, evitando a produção de itens defeituosos (GHINATO, 2000). A automação é colocada em prática quando dispositivos *poka-yoke*, instalados em máquinas, impedem que os produtos sejam produzidos com defeitos. Um exemplo de *poka-yoke* é um sensor a laser que, acoplado na máquina CNC, verifica se a ferramenta de corte está quebrada e interrompe o ciclo quando isto ocorre. Portanto *jidoka* consiste em facultar ao operador ou à máquina a autonomia de parar o processamento sempre que for detectada qualquer anormalidade.

A “Casa da Toyota”, ilustrada na Figura 2, foi desenvolvida por Taiichi Ohno e Eiji Toyota para que eles pudessem explicar a evolução do sistema da Toyota (da produção em massa para a produção enxuta) para os seus funcionários e os seus fornecedores.

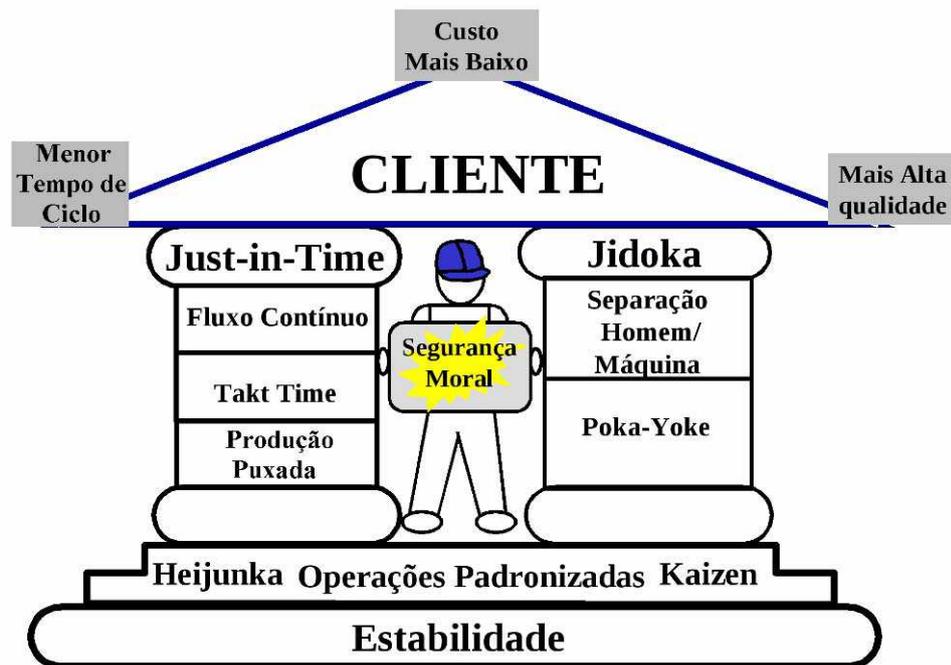


Figura 2 - Pilares de sustentação casa Toyota  
Fonte: Ghinato, 2000

O objetivo do STP é atender da melhor maneira às necessidades do cliente, fornecendo produtos e serviços da mais alta qualidade, ao mais baixo custo e no menor tempo de ciclo possível. Neste sistema a preocupação fundamental da gerência é assegurar um ambiente de trabalho que fomente a segurança e a moral dos trabalhadores (GHINATO, 2000). A estabilidade do sistema é obtida por meio do *Heijunka* (nivelamento de produção), da padronização do trabalho e do *Kaizen* (melhoria contínua) (OHNO, 1997).

*Heijunka* é a palavra japonesa para o nivelamento do planejamento da produção, de modo que o *mix* (variedade de peças) e o volume de peças sejam constantes ao longo do tempo (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 1999). Ele permite a produção em pequenos lotes e a redução de inventário. À medida que aumenta a diversificação do mercado (produto final), o nivelamento fica mais difícil.

Uma das principais ferramentas do STP é o fluxo contínuo, conceito segundo o qual não há interrupção do trabalho entre as etapas do processo (de maneira ideal, o posto de trabalho é reabastecido com uma única unidade assim que a anteriormente produzida é “puxada” pelo cliente seguinte). A produção puxada oferece maior flexibilidade às alterações na demanda, permite reduzir o tempo de processamento, o estoque em processo e a necessidade de mão-de-obra. Além disto, torna mais fácil reorganizar o ambiente de trabalho,

nivelar a programação e identificar problemas potenciais (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 1999).

O *takt time* é um conceito usado para projetar o trabalho e mede o ritmo da demanda do cliente, não devendo, portanto ser confundido com o tempo de ciclo. Em termos de cálculo, o *takt time* é o tempo disponível para produzir peças em um intervalo específico de tempo dividido pelo número de peças demandadas naquele intervalo. O número obtido diz, por exemplo, que uma peça precisa ser produzida a cada três minutos para satisfazer a demanda do cliente (LIKER; MEIER, 2007). O cliente neste caso é o interno, ou seja, é o próximo setor que receberá a peça. O tempo de ciclo é o tempo em que uma peça ou produto é completado por um processo, conforme cronometrado por observação. Esse tempo inclui o tempo de operação mais o requerido para preparar, carregar e descarregar os materiais (MARCHWINSKI e SHOOK, 2003).

Os sistemas à prova de erros são mais conhecidos pelo seu nome em japonês “*Poka Yoke*”. Em geral são dispositivos simples e de baixo custo para utilização na linha de produção (SHINGO, 1986). O termo *poka yoke* é geralmente traduzido como “detecção de falhas” ou “detecção de erros”. O *poka yoke* segue o conceito de prevenção. Baseia-se na crença de que as pessoas não cometem erros intencionais, mas que estes, por diversas razões, podem ocorrer e realmente ocorrem (LIKER; MEIER, 2007).

### 2.3. PENSAMENTO ENXUTO

O pensamento enxuto tem como proposta a eliminação dos desperdícios nos processos de fabricação dentro das empresas, fazendo com que o cliente receba somente o que deseja, no momento e na quantidade requisitada (WOMACK; JONES, 2004). Com o desenvolvimento do STP no Japão pós-guerra, Taiichi Ohno, criou a filosofia *Lean*, usada para nortear a identificação das atividades básicas envolvidas no negócio e nelas o que é desperdício e o que é valor a partir da ótica dos clientes e usuários.

O STP procura especificar o valor a partir da ótica do cliente, alinhar na melhor seqüência as atividades que criam valor, realizar estas atividades de forma cada vez mais eficaz e sem interrupção sempre que alguém as solicita. Reduzir os custos como forma de manter ou aumentar os lucros é parte fundamental da mentalidade enxuta (DENNIS, 2007; CARDOSO; BATTAGLIA; FERRO, 2006).

Dentro do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) em 1985, o grupo IMVP (*Institute Motor Vehicle Program*) iniciou um estudo de cinco anos sobre a indústria automobilística, pesquisando 90 plantas montadoras de veículos em 17 países. Em 1990, ao final deste trabalho, três pesquisadores que nele estavam envolvidos, Womack, Jones e Roos, publicam o livro “A Máquina que Mudou o Mundo” onde empregam a expressão manufatura enxuta ou *lean manufacturing* pela primeira vez no ocidente. O termo *lean* sintetiza o esforço para se produzir cada vez mais com cada vez menos. Em vez de utilizar-se do aumento dos preços para obter lucro, a Toyota reduziu seus custos combatendo os desperdícios, conseguiu a margem de lucro almejada e se tornou mais competitiva.

Depois dos anos 90, a mentalidade enxuta se popularizou e se expandiu nas indústrias ocidentais, transformando-se no alicerce para a obtenção de melhor lucratividade. Womack e Jones (2004) resumem em cinco os princípios do pensamento enxuto, conforme mostra a Figura 3.

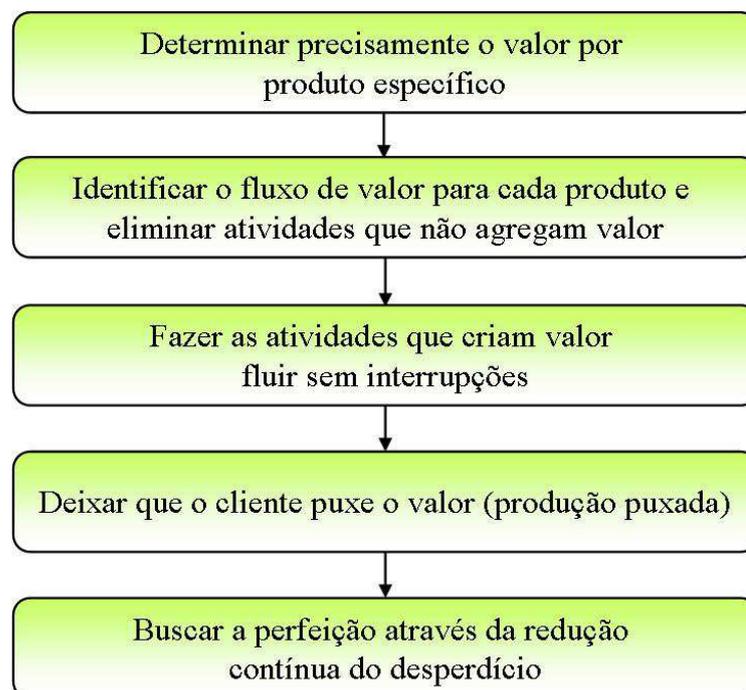


Figura 3 – Fluxo dos cinco princípios do pensamento enxuto  
Fonte: Adaptado de Womack e Jones, 2004

Estes princípios estão assim definidos:

- ✓ **Determinar precisamente o valor por produto específico:** especificar o que gera e o que não gera valor sob a perspectiva do cliente. Ao contrário do que

tradicionalmente é praticado, não se deve avaliar o valor sob a ótica da empresa ou de seus departamentos. Segundo estes autores, o ponto de partida essencial para o pensamento enxuto é que o valor só pode ser definido pelo cliente final, apesar de criado pelo produtor. Ele também é significativo quando expresso na forma de um produto específico (um bem ou um serviço e, muitas vezes, ambos simultaneamente) que atenda às necessidades do cliente a um preço justo e no momento apropriado.

- ✓ **Identificar o fluxo de valor para cada produto e eliminar atividades que não agregam valor:** identificar todos os passos necessários para produzir o produto ao longo da linha de produção, de modo a eliminar os desperdícios. Segundo os autores, é preciso um conjunto de ações específicas, para se levar um produto (seja ele um bem, um serviço, ou, cada vez mais, uma combinação dos dois) a passar pelas três tarefas gerenciais mais críticas em qualquer negócio:
  - a solução de problemas, que vai da concepção até o lançamento do produto, passando pelo projeto detalhado e pela engenharia;
  - o gerenciamento da informação que vai do recebimento do pedido até a entrega, seguindo um cronograma detalhado;
  - a transformação física, que vai da matéria-prima ao produto acabado, nas mãos do cliente.
- ✓ **Fazer as atividades que criam valor fluírem sem interrupções:** promover ações com objetivo de criar um fluxo contínuo de valor e eliminar todos os desperdícios existentes entre as etapas. Uma vez que o valor tenha sido especificado com precisão, a cadeia de valor de determinado produto pode ser mapeada pela empresa enxuta e, obviamente, eliminadas as etapas que geram desperdício. O fluxo de informações está relacionado ao que a produção precisa para fabricar segundo a demanda do cliente; e o fluxo de materiais indica o processamento de todos os materiais, desde a matéria-prima até o produto acabado.
- ✓ **Deixar que o cliente puxe o valor (produção puxada):** produzir somente nas quantidades solicitadas pelo consumidor. Womack e Jones (2004) alertam para o risco de aplicar os conceitos de manufatura enxuta, reduzindo-se o tempo de ciclo dos produtos, porém em desacordo com o que o cliente considera como valor. Em resumo: pode ser que “produtos inúteis fluam mais rapidamente”. Para evitar esta

possibilidade, é introduzido então o conceito de puxar, onde “um processo inicial não deve produzir um bem ou um serviço sem que o cliente de um processo posterior o solicite”.

- ✓ **Buscar a perfeição por meio da redução contínua do desperdício:** esforçar-se para manter uma melhoria contínua, procurando a remoção de perdas e desperdícios. Este quinto e último passo da Mentalidade Enxuta deve ser o objetivo constante de todos os envolvidos nos fluxos de valor. A busca do aperfeiçoamento contínuo em direção a um estado ideal deve nortear todos os esforços da empresa, em processos transparentes onde todos os membros da cadeia (montadores, fabricantes de diversos níveis, distribuidores e revendedores) tenham conhecimento profundo do processo como um todo, podendo dialogar e buscar continuamente melhores formas de criar valor.

Em resumo, a realização da produção enxuta é a perfeição. Quando os quatro princípios iniciais interagem entre si cria-se um ciclo poderoso que faz com que o valor flua mais rápido, expondo os desperdícios ocultos na cadeia de valor e conseqüentemente revelando os obstáculos ao fluxo e permitindo a eliminação dos mesmos (HINES; TAYLOR, 2000). A identificação dos desperdícios é uma atividade fundamental na mentalidade enxuta para conseguir realizar melhoria em seus processos. Segundo Womack e Jones (2004), desperdício é qualquer atividade que absorve recursos, mas não cria valor.

Segundo Hines e Taylor (2000), quando se definem os desperdícios, costuma-se classificar em três tipos as atividades organizacionais, que são:

- ✓ **Atividades que agregam valor (AV):** atividades que, aos olhos do cliente final, tornam o produto ou serviço mais valioso;
- ✓ **Atividades que não agregam valor, mas necessárias:** atividades que, aos olhos do cliente final, não tornam o produto ou serviço mais valioso, mas que são necessárias a não ser que o processo atual mude radicalmente.
- ✓ **Atividades que não agregam valor (NAV):** atividades que, aos olhos do cliente final, não tornam o produto ou serviço mais valioso, sendo desnecessárias nas atuais circunstâncias.

Segundo estes autores, em um ambiente de produção a relação entre os tempos consumidos pelos três tipos de atividades gira em torno da seguinte proporção:

- ✓ 5% de atividades que agregam valor;
- ✓ 35% de atividades que não agregam valor, porém são necessárias;
- ✓ 60% de atividades que não agregam valor.

Já em um ambiente de processamento de informações, tais como escritório, engenharia e processamento de ordens de compra, a relação entre os tempos consumidos pelos três tipos de atividades gira em torno da seguinte proporção.

- ✓ 1% de atividades que agregam valor;
- ✓ 50% de atividades que não agregam valor, porém são necessárias;
- ✓ 49% de atividades que não agregam valor;

Estas porcentagens de atividades que agregam e não agregam valor na manufatura e no escritório resultaram de uma pesquisa realizada pela *Lean Enterprise Research Centre* em Londres, onde três ramos industriais foram pesquisados: automotivo, eletrônicos e alimentos (TURATI, 2007).

Conforme Araújo (2004), o ambiente relacionado acima sugere grandes oportunidades para projetos e ações no sentido de redução dos desperdícios. No entanto, o enfoque principal dos programas de melhoria tem sido tradicionalmente dirigido às tarefas que agregam valor. Já os princípios da produção enxuta direcionam os esforços destes programas, justamente, às atividades que não agregam valor, uma vez que elas correspondem à maior parte do tempo despendido pelas organizações.

Desperdício pode ser definido como sendo o ato ou efeito de gastar sem proveito ou “qualquer atividade humana que absorve recursos, mas não cria valor” (WOMACK e JONES, 2004). Para Ohno (1997), “desperdício se refere a todos os elementos de produção que só aumentam os custos sem agregar valor”. Segundo Liker e Meier (2006) há oito tipos de atividades que não agregam valor a processos de manufatura ou de serviços. Em síntese, estas formas de desperdícios são:

- ✓ **Superprodução:** produzir mais do que a demanda ou em ritmo acima do necessário.
- ✓ **Espera:** incapacidade para processar produto/serviço devido a atrasos, gargalos, equipamento inoperante, etc.
- ✓ **Transporte:** movimentação desnecessária de produtos em processo.
- ✓ **Superprocessamento ou Processamento incorreto:** atividade de acrescentar ao processo mais "trabalho" ou esforço do que o requerido pelos clientes.
- ✓ **Inventário em excesso:** estoque de matéria-prima ou produtos em excesso no processo.
- ✓ **Movimentação desnecessária:** tipicamente resultando de desorganização do ambiente de trabalho.
- ✓ **Defeitos:** gerados pelos problemas de qualidade. Produtos defeituosos significam desperdício de materiais, mão de obra, uso de equipamento, além da movimentação e armazenagem de materiais defeituosos.
- ✓ **Não Utilização da Criatividade dos Funcionários:** forma de desperdício, resultante do hábito de não envolver ou não ouvir os funcionários, que se traduz na perda de idéias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem.

Segundo Ohno (1997), o pior desperdício é o da superprodução. Quando a produção excede significativamente a demanda torna-se mais difícil perceber a existência de problemas. Ao se produzir o estritamente necessário, eventuais problemas que surjam acabam por implicar em atraso de entrega, ou parada da linha de produção, ambos altamente visíveis à direção da empresa. A Figura 4 apresenta os benefícios da redução de desperdícios.



Figura 4 – Os benefícios da redução de desperdícios  
 Fonte: Werkema, 2006

Para orientar as ações de melhoria de processo, a Toyota criou o relatório A3, uma ferramenta para identificar problemas, buscar soluções e reportar os resultados obtidos. Este documento, cujo nome deriva de suas dimensões (27,5 x 42,5) cm, foi assim batizado, pois originalmente grande parte da comunicação entre plantas Toyota era feita por fax, e esse era o formato do papel utilizado na máquina (LIKER; MEIER, 2007).

O relatório A3 é usualmente dividido em cinco campos:

1. Definição e descrição do problema;
2. Análise do problema;
3. Plano de Implementação;
4. Resultados;
5. Próximos passos.

A Figura 5 ilustra a apresentação básica das etapas de solução de problema usando-se o relatório A3 (LIKER; MEIER, 2007).

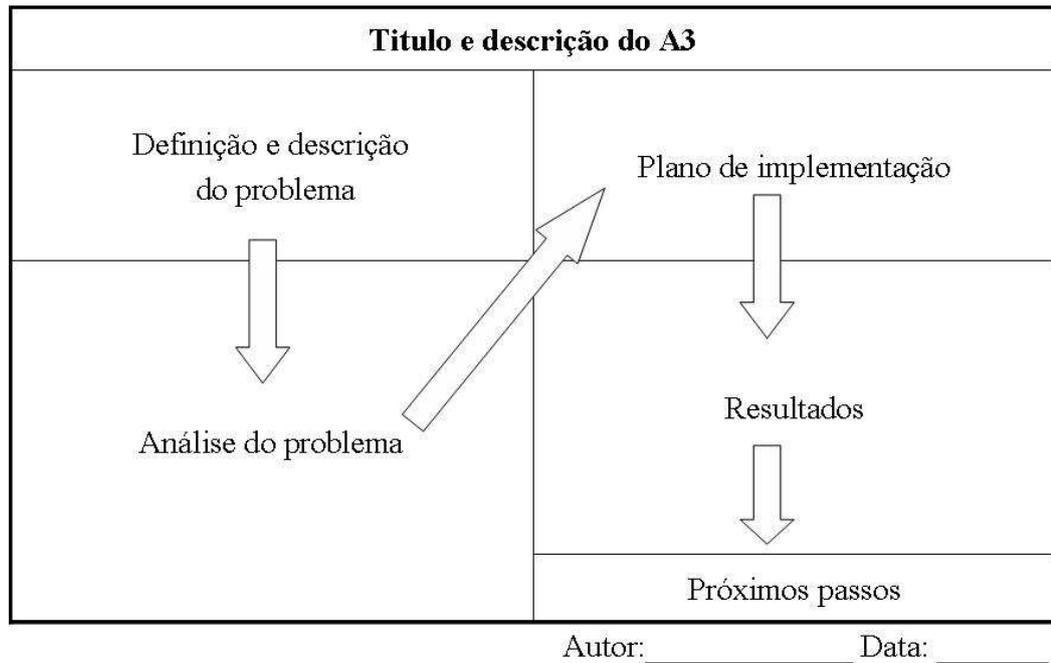


Figura 5 - Fluxo de solução de problemas usando-se o relatório A3  
 Fonte: Liker e Meier, 2007

O relatório, preenchido para documentar o progresso em relação às ações de melhoria, tem sua parte textual geralmente complementada por gráficos, figuras e diagramas para garantir a comunicação efetiva de seu conteúdo. O propósito do relatório A3 é apresentar com clareza toda a informação relevante ao problema sendo abordado, eliminando o “desperdício” da descrição de fatos que não sejam absolutamente pertinentes ao problema em mãos.

Na Toyota todo estudo de um processo era desenhado em torno do PDCA e formatado como A3. Para a Toyota este documento era a maneira de expressar o pensamento e de se comunicar, um modo de aprender, um jeito de fazer as coisas acontecerem e de tentar solucionar os problemas. A este respeito Shook (2010) menciona que:

“A conclusão a que a Toyota chegou muitos anos atrás, foi a de que cada questão em uma organização deveria ser descrita, analisada e solucionada em uma única folha de papel A3, para que qualquer envolvido no problema pudesse entendê-la”.

O objetivo é produzir um relatório que contenha dados importantes ao problema e sua solução, e nada mais (CHAKRAVORTY, 2009).

#### 2.4. O PENSAMENTO ENXUTO EM ATIVIDADES ADMINISTRATIVAS

Nos últimos anos, os conceitos do Sistema Toyota de Produção (STP) têm sido estendidos para as áreas administrativas com o objetivo de melhorar o desempenho das organizações e o nível de satisfação de seus clientes. Ao multiplicar os conceitos enxutos na empresa espera-se que cada elemento aprenda a identificar as oportunidades para eliminar desperdícios, definir a sequência de trabalho, reduzir os tempos ociosos, buscar sempre a melhor forma de trabalho e maior produtividade do processo. O escritório enxuto visa atender ao cliente no menor tempo possível, com qualidade e ao menor custo possível, objetivos estes similares aos da produção enxuta (OHNO, 1997).

Em determinados casos observa-se certa similaridade entre a gestão da manufatura e de certas áreas administrativas de apoio no que concerne a gestão de estoques, gestão da capacidade produtiva e sua conciliação com a demanda e a gestão de filas e fluxos.

O objetivo do pensamento relacionado ao escritório enxuto é reduzir ou eliminar os desperdícios ligados ao fluxo de informações, uma vez que apenas 1% das informações geradas agrega valor (HINES *et al.*, 2000).

Levitt (1972), pesquisador da *Harvard Business Scholl*, foi um dos primeiros a reconhecer que muitos dos conceitos que haviam sido previamente desenvolvidos para a manufatura podem, na verdade, ser aplicados em áreas administrativas. Oito passos são sugeridos por Tapping, Luyster e Shuker (2002) para se operar em áreas administrativas enxutas, conforme mostra a Figura 6.

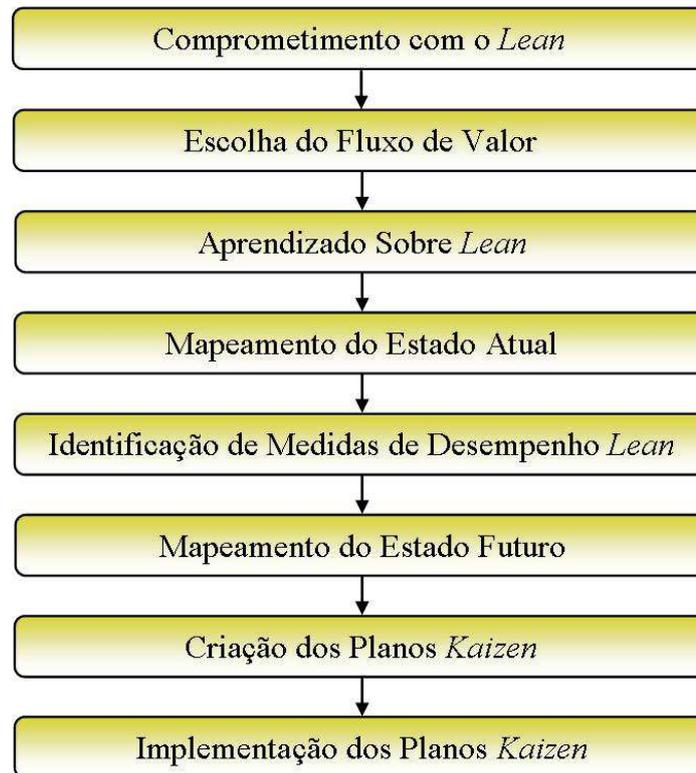


Figura 6 – Fluxo dos oito passos para se operar em áreas administrativas enxutas  
 Fonte: Adaptado de Tapping, Luyster e Shuker, 2002

Estes passos estão assim definidos:

- ✓ **Comprometimento com o lean:** deve haver um comprometimento de todos os envolvidos na aplicação dos conceitos enxutos. O trabalho em equipe deve ser estimulado;
- ✓ **Escolha do fluxo de valor:** deve ser escolhido o fluxo de valor de produto ou processo mais representativo na organização: deve haver a preocupação imediata com o consumidor;
- ✓ **Aprendizado sobre lean:** todos devem ter um bom entendimento sobre os conceitos e termos do *lean*;
- ✓ **Mapeamento do estado atual:** deve fornecer uma clara visão dos desperdícios e mostrar o estado atual do processo analisado;
- ✓ **Identificação de medidas de desempenho lean:** escolher quais serão as métricas que ajudarão a atingir o estado futuro;

- ✓ **Mapeamento do estado futuro:** as propostas de melhorias deverão ser incorporadas ao mapa, considerando-se a demanda do consumidor, a busca pelo fluxo contínuo e o nivelamento da carga de trabalho;
- ✓ **Criação dos planos *Kaizen*:** estabelecer os processos e prazos para implementação das melhorias;
- ✓ **Implementação dos planos *Kaizen*:** implementar as propostas obtidas no mapa futuro.

Segundo Maleyeff (2006) é possível identificar uma conexão entre os desperdícios percebidos em manufatura com as perdas passíveis de ocorrer em áreas administrativas, (Quadro 1).

Quadro 1 - Associação entre as categorias de perdas em manufatura e em áreas administrativas

<b>Perda</b>	<b>Categorias em manufatura (Ohno, 1997)</b>	<b>Categorias em áreas administrativas (Maleyeff, 2006)</b>
1	Superprodução;	Atrasos;
2	Espera;	Erros;
3	Perda por transporte;	Revisões;
4	Perda no processamento;	Movimentações;
5	Perda por estoque;	Duplicação;
6	Perda por movimentação;	Processos ineficientes;
7	Perda por fabricação de produtos defeituosos	Recursos ineficientes

Fonte: Maleyeff, 2006

Francischini, Miyake e Giannini (2006) discutiram a viabilidade da utilização dos conceitos da Manufatura Enxuta (ME) em atividades administrativas. O Quadro 2 apresenta algumas ferramentas da ME que foram utilizadas por esses autores.

Quadro 2 - Ferramentas da ME aplicáveis em atividades administrativas

FERRAMENTA	DESCRIÇÃO
Pré-processamento	Atividades realizadas pelo operador ou por equipamentos com o objetivo de reduzir tempo de processo total
Setup rápido	Atividades que permitem troca rápida do tipo de serviço oferecido
Operador polivalente	Operadores capacitados a desempenhar diversos tipos de atividades
Organização celular	Organização da produção em grupos de atividades que possuem afinidades, a fim de facilitar a troca de informações e suporte.
Poka-yoke para operadores	Prevenção de falhas em atividades realizadas durante o processo.
Poka-yoke para clientes	Prevenção de falhas em atividades de co-produção realizadas pelos clientes.
Automação	Desenvolvimento de funções em equipamentos e sistemas de informações que operem de forma autônoma.
Padronização	Definição de procedimentos de trabalho padrão.
Autocontrole	Responsabilidade de auto-inspeção com foco na qualidade e autonomia para resolver anomalias.

Fonte: Francischini, Miyake e Giannini, 2006

## 2.5. OS CINCO SENSOS (5S)

Como já mencionado, o STP foi desenvolvido para resolver problemas de alta variação nos processos, eliminação dos desperdícios e redução dos custos operacionais. Lima e Lima (2006) argumentam que os conceitos do *Lean Administrativo* seguem os mesmos princípios do STP, ou seja, a abordagem para este ambiente não poderia ser diferente, uma vez que também desenvolvem produtos que geram desperdícios pelo desenvolvimento de atividades administrativas.

Os cinco sentidos, ferramenta do STP, formam o bloco fundamental para o *Lean Administrativo*, pois contribuem para o envolvimento e motivação dos funcionários, uma vez que os resultados são rápidos e de fácil visualização.

O 5S orienta à organização do local de trabalho, fazendo com que ele se torne arrumado, ordenado e acessível, gerando um impacto visual drástico e aumentando o orgulho e a moral da equipe. Na verdade sua essência é mudar atitudes e comportamentos das pessoas, sendo, portanto, um processo educativo. Entretanto, a meta do 5S não é simplesmente atingir uma cultura de bons hábitos de organização, como é comumente concebido, mas também, promover um aumento na velocidade do fluxo de informações (NUNES; ALVES, 2008).

A aplicação do 5S em ambientes administrativos é bastante difundida e faz parte das metodologias de aplicação da mentalidade enxuta em processos administrativos (FABRIZIO; TAPPING, 2006). Sua implementação deve ser adaptada às características e necessidades de cada empresa, não devendo conflitar com a cultura local. O objetivo a ser atingido deverá ser claro e entendido pelo grupo de trabalho. Dentre os benefícios da implantação, podem ser citados a eliminação de desperdícios, redução de riscos de acidente de trabalho, redução do tempo de respostas aos clientes do setor, redução e melhoria do índice e do giro de estoque de materiais, entre outras vantagens.

Segundo Tapping, Luyster e Shuker (2002) os 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuike*) têm os seguintes significados:

- ✓ **Seiri** (Senso de utilização): significa basicamente separar o útil do inútil; consiste na seleção de materiais desnecessários e que devem ser descartados após criteriosa avaliação de sua utilização.
- ✓ **Seiton** (Senso de arrumação): significa separar e arrumar tudo de forma que qualquer pessoa possa facilmente localizar; consiste do processo de ordenação, arrumação e organização da área de trabalho, com identificação (padronização) dos locais certos para cada material utilizado.
- ✓ **Seiso** (Senso de limpeza): significa manter o ambiente de trabalho limpo; consiste em estabelecer um cronograma de limpeza e manutenção do ambiente, eliminando causas de desordem.
- ✓ **Seiketsu** (Senso de saúde e higiene): significa manter o ambiente de trabalho favorável à saúde e higiene; consiste em definir e padronizar os processos de trabalho, abordando a qualidade de vida do usuário do processo, eliminando condições inseguras.

✓ ***Shitsuke*** (Senso de autodisciplina): significa tornar as atitudes do 5S em hábitos; consiste na preparação para o autogerenciamento, autodisciplina para manutenção da ordem.

A aplicação do 5S promove redução de tempo gasto com atividades que não agregam valor, permite que se ordene e organize o ambiente de trabalho, além de motivar as pessoas para as mudanças advindas de sua utilização.

A existência de um programa 5S é ainda citada como pré-requisito para a implantação de programas mais sofisticados de qualidade e melhoria, como o *Kaizen* (IMAI, 1986).

## 2.6. MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (MFV)

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), ou *Value Stream Mapping* em inglês, pode ser uma poderosa ferramenta para planejar, implementar e melhorar todas as etapas do processo, de modo a permitir a compreensão da agregação de valor e a identificação dos desperdícios (MANOS, 2006). Podem ser exemplos destes desperdícios, entre outros, o tempo de espera elevado, o excesso de inventário entre as estações de trabalho e a movimentação desnecessária (ROTHER; SHOOK, 2003).

A *Operation Management Consulting Division* (OMCD) da Toyota foi criada por Ohno para conduzir os principais projetos do STP, como por exemplo, o MFV, e ensiná-los na prática. Ohno queria uma ferramenta que representasse visualmente o fluxo de material e de informação e que retirasse das pessoas a visão de processos individuais. Basicamente, isso levou ao que agora chamamos de “Mapeamento do Fluxo de Valor” e ao que a Toyota chama de “Diagrama de Fluxo de Material e Informação” (LIKER; MEIER, 2007).

O MFV é um método de modelagem relativamente simples. Basicamente, com lápis e papel, é possível construir cenários da manufatura por meio de regras e ícones que consideram tanto o fluxo de material como o de informação (MANOS, 2006). O objetivo do MFV é de revelar oportunidades de melhoria. O mapeamento do estado atual permite a visualização da situação “hoje” do processo. Assim, a partir dessa análise e aplicação dos conceitos enxutos na busca de melhorias, pode ser realizado o mapa do estado futuro, que se tornará a nova realidade, uma vez que estejam implementadas as sugestões de melhorias. Em alguns casos poderá ainda ser idealizado o mapeamento do estado ideal.

O MFV pode ser uma ferramenta informal de comunicação, de planejamento de negócios e um instrumento valioso para gerenciar o processo de mudança. Para que o resultado seja satisfatório, o MFV atual e geração do estado futuro devem seguir as seguintes etapas: seleção da família de produtos, desenho do estado atual, desenho do estado futuro e plano de trabalho (ROTHER; SHOOK, 2003).

**Seleção da família de produtos:** no início do processo de mapeamento é necessário selecionar o conjunto ou família de produtos que serão analisados no mapa de fluxo de valor. É necessário que os produtos sejam agrupados em família, levando em consideração a seqüência de operações de cada produto, as máquinas por onde cada um passa;

**Desenho do estado atual:** depois de identificadas as famílias de produtos, o mapeamento é iniciado no chão de fábrica utilizando um conjunto de ícones que representam o fluxo de material e de informação existente na empresa;

**Desenho do estado futuro:** a partir do mapa da situação atual, gera-se um mapa da situação futura da empresa, com a eliminação de todos os desperdícios que foram identificados previamente;

**Plano de trabalho:** com base no mapa da situação futura propõe-se à empresa um plano de melhoria para o alcance da situação futura.

A Figura 7 mostra as etapas do mapeamento do fluxo de valor.

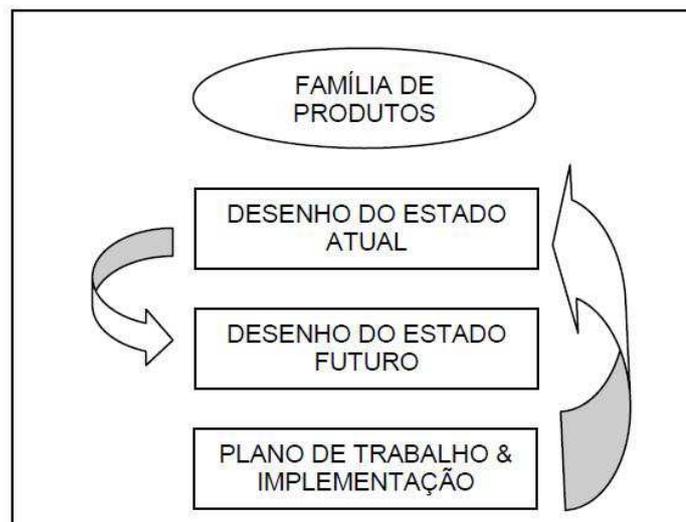


Figura 7 - Etapas do mapeamento do fluxo de valor  
Fonte: Rother e Shook, 2003

Segundo Almeida (2009), a seqüência a ser seguida no MFV consiste em:

- a) Desenhar primeiramente os agentes externos à empresa, iniciando pelos clientes e fornecedores;
- b) Desenhar os processos internos de entrada e saída de informação;
- c) Desenhar todos os processos internos começando pelo mais próximo do cliente e seguir na direção inversa de processamento;
- d) Listar todos os atributos do processo;
- e) Desenhar os tempos de fila entre os processos;
- f) Desenhar as comunicações existentes entre os processos;
- g) Desenhar os ícones de processo empurrado ou puxado, dependendo da forma como a informação é transmitida;
- h) Completar o mapa com dados adicionais.

Na elaboração do MFV sugere-se que sejam utilizados símbolos padronizados, conforme ilustra a Figura 8.

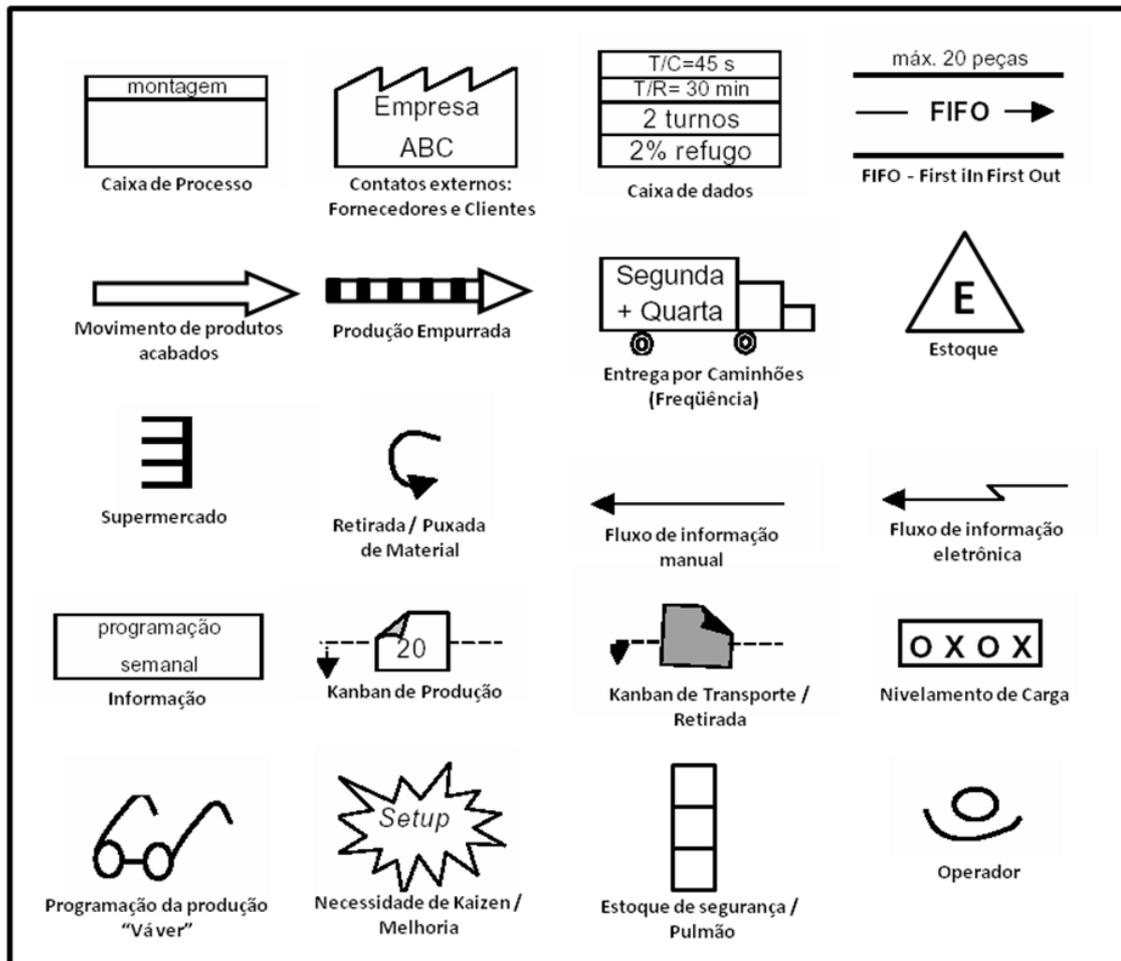


Figura 8 – Os símbolos utilizados no mapeamento do fluxo de valor

Fonte: Rentes e Van Aken, 2000

Turati (2007) apresentou a aplicação de conceitos da Produção Enxuta desenvolvida para processos administrativos (*Lean Office*) demonstrando os resultados obtidos com o mapeamento do fluxo de valor.

Rother e Shook (2007) mencionam que:

“O mapeamento ainda ajuda a estabelecer a real necessidade e o foco adequado das diversas ferramentas *Lean*, tais como: células para criar verdadeiro fluxo contínuo, sistemas puxados e nivelados, setup rápido, TPM, gestão visual, etc., e a enxergar melhor a integração entre elas”.

A Figura 9 ilustra um exemplo de um MFV de uma produção.

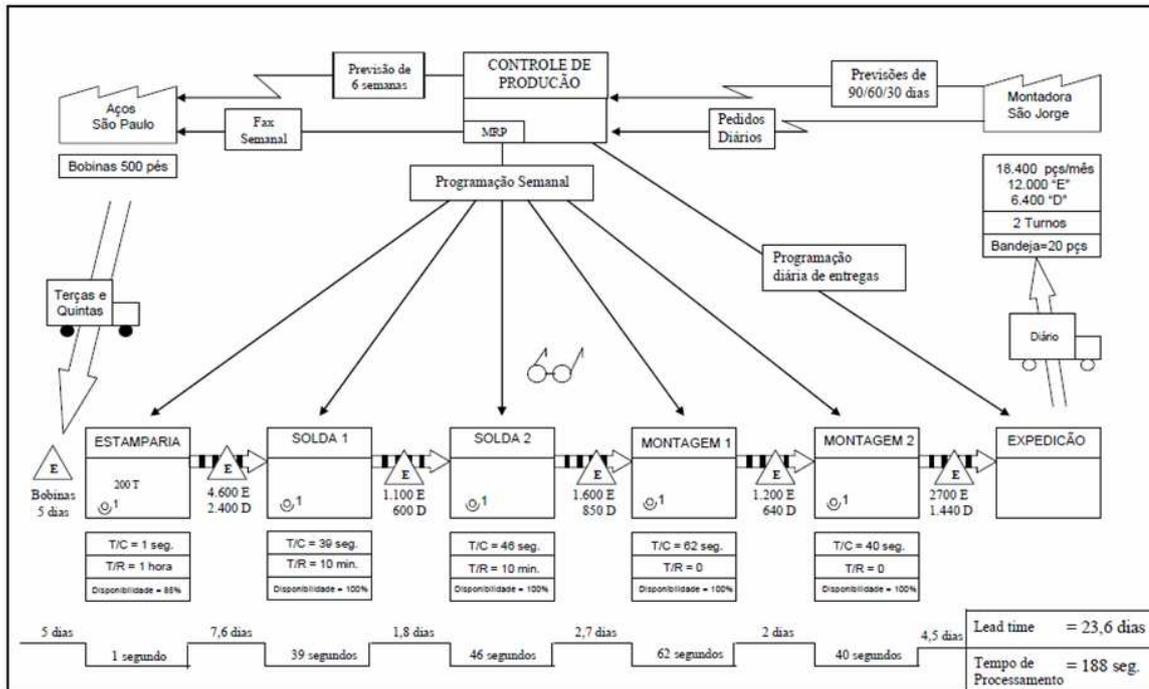


Figura 9 - Exemplo de mapa de fluxo de valor  
Fonte: Rother e Shook, 2003

Segundo Rother e Shook (2003) o mapeamento é uma ferramenta essencial para enxergar o sistema, além de conferir as seguintes vantagens:

- ✓ ajuda a visualizar mais do que os processos individuais.
- ✓ ajuda a identificar o desperdício e suas fontes.
- ✓ fornece uma linguagem comum para tratar os processos de manufatura.
- ✓ facilita a tomada de decisões sobre o fluxo.
- ✓ aproxima conceitos e técnicas enxutas, ajudando a evitar a implementação de ferramentas isoladas.
- ✓ forma uma base para o plano de implantação da Mentalidade Enxuta
- ✓ apresenta a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material.
- ✓ é uma ferramenta qualitativa que descreve, em detalhes, qual é o caminho para a unidade produtiva operar em fluxo.

Manos (2006) argumenta que utilizando o fluxo de valor e adicionado o real valor ao produto, poderão ser alteradas as formas de atendimento das necessidades dos clientes, em

processos como usinagem, montagem, soldagem, perfuração, estampagem, pintura e assim por diante.

Scuccuglia e Lima (2004) propuseram a criação de um sistema enxuto em processos administrativos, com base nos conceitos aplicados na manufatura. Para checar o desempenho dos processos da área comercial de cilindros de laminação, utilizaram a metodologia *Lean Manufacturing* como ferramenta, com o desafio de trabalhar a “informação”. Mapearam o Fluxo de Valor futuro, visando eliminar os desperdícios, com atividades que não agregavam valor ao cliente. Os resultados refletiram positivamente na fábrica, uma vez que a qualidade da informação melhorou, em função da padronização das atividades. A implementação com sucesso dos conceitos de Manufatura Enxuta em processos administrativos de uma empresa pode representar a competitividade dessa empresa no cenário atual dos negócios extremamente competitivos e globalizados.

O MFV traz, além da eliminação de desperdício e da melhoria do fluxo do processo, uma série de outros benefícios que facilitam seu conhecimento e controle, entre eles:

- ✓ conhecer a real capacidade produtiva do processo;
- ✓ conhecer o real tempo de ciclo do processo;
- ✓ compreender onde a aplicação de recursos (insumos e mão-de-obra) deve ser priorizada;
- ✓ elaborar metas de melhorias do processo;
- ✓ otimizar o uso de equipamento.

Para Liker e Meier (2007) o propósito do MFV não é simplesmente passar por sua operação para procurar e destruir perdas, mas sim criar um fluxo de valor estendido em que todos os funcionários sejam forçados a pensar, resolver problemas e eliminar perdas.

## 2.7. *KAIZEN*

*Kaizen* é uma palavra japonesa cuja tradução literal é “mudar para melhorar” (*kai* = mudança, *zen* = melhorar). Empregada originalmente para indicar melhorias de pequena magnitude, porém realizadas de forma contínua, a palavra se popularizou no ocidente a partir da publicação do primeiro livro sobre o assunto (IMAI, 1986).

*Kaizen* implica melhoria que envolve todos, com relativamente poucas despesas. A filosofia *Kaizen* assume que seu estilo de vida deve ser o foco dos esforços de melhoria contínua (IMAI, 1986). Os empregados podem desempenhar função vital no melhoramento dos padrões, especialmente por meio de um sistema de sugestões. No *Kaizen*, isto é muito estimulado, e têm, como uma das conseqüências positivas, pessoas mais dispostas a seguir os novos padrões por elas mesmas propostos.

Para Sharma e Moody (2003) a metodologia *Kaizen* utiliza questões estratégicas baseadas no tempo. Nesta estratégia, os pontos-chave para a manufatura ou processos produtivos são a qualidade (como melhorá-la), os custos (como reduzi-los e controlá-los), e a entrega pontual (como garanti-la). O fracasso de um destes três pontos significa perda de competitividade e sustentabilidade nos atuais mercados globais.

Existem vários tipos de atividades *Kaizen* que abrangem desde o desenvolvimento de soluções a problemas do chão de fábrica, passando pela implementação de um plano predeterminado de mudanças até a fluidez do curso do trabalho burocrático (LARAIA; MOODY; HALL, 1999).

Segundo Rother e Shook (2003), há dois níveis de *kaizen*, ilustrados na Figura 10:

- ✓ ***Kaizen* de fluxo:** ou de sistema, que enfoca no fluxo de valor, dirigido ao gerenciamento;
- ✓ ***Kaizen* de processo:** que enfoca em processos individuais, dirigido às equipes de trabalho e líderes de equipe.



Figura 10 – Os dois níveis de *kaizen*  
Fonte: Rother e Shook, 2003

Uma empresa produtora de filtros automotivos, líder de mercado, utilizou o *kaizen* como uma das principais ferramentas para introduzir os conceitos do STP em seu sistema de manufatura. Graças a esta iniciativa conseguiu reduzir estoques, lotes de fabricação e tempos

de ciclo além de ganhar maior comprometimento do trabalhador no processo produtivo e melhorar a qualidade de seus produtos (INVERNIZZI, 2006).

Araújo e Rentes (2006) descrevem como a metodologia *kaizen* foi empregada para alavancar à aplicação e implementação dos conceitos de produção enxuta em uma empresa do setor médico-odontológico. Após a realização do EK foram obtidos bons resultados na organização da área de trabalho, na padronização de atividades e processos, na redução da movimentação de operadores, na implantação da ergonomia e da programação puxada.

Segundo Smadi (2009) o verdadeiro propósito do *kaizen* é humanizar o local de trabalho e ensinar aos funcionários como aos problemas podem ser efetivamente resolvidos por meio de uma abordagem, que combina aspectos práticos e científicos, guiada pelos seguintes princípios:

- ✓ adotar uma abordagem orientada a processos;
- ✓ padronizar para manter os ganhos;
- ✓ melhorar o desempenho ao longo de três dimensões: qualidade, custo e prazos;
- ✓ tomar decisões baseadas em dados;
- ✓ considerar o processo seguinte como cliente;
- ✓ usar o gerenciamento visual para compartilhar problemas com todos os envolvidos.

## 2.8. FERRAMENTAS DA QUALIDADE NO *KAIZEN*

Para facilitar a implementação de melhorias (principalmente nos grupos de *Kaizen*), utiliza-se um conjunto de ferramentas que auxiliam na identificação de causas dos problemas e alternativas de soluções, bem como na elaboração de planos de ação (HORNBERG, 2007). As principais delas estão descritas no Quadro 3.

Quadro 3 - Principais ferramentas utilizadas no *Kaizen*

FERRAMENTA	DESCRIÇÃO / FINALIDADE
Análise de falhas	Visa “identificar todas as formas pelas quais uma falha pode ocorrer, estimar o efeito e gravidade da falha e recomendar ações corretivas” (EVANS; LINDSAY, 2005).
5 Porquês	Técnica cujo objetivo é identificar a causa raiz dos problemas e consiste em perguntar “por quê?” para cada hipótese de causa, cinco vezes seguidas, até se chegar à causa fundamental.
Diagrama de Causa e Efeito	Utilizada para apresentar a relação existente entre o problema a ser solucionado (efeito) e os fatores (causas) do processo que podem influenciar na ocorrência do problema. Além de tornar claras as possíveis causas do problema, também facilita a identificação da sua causa fundamental, permitindo que se possa fazer um plano de ação para eliminá-la.
<i>Brainstorming</i>	“Tipo de interação em um grupo pequeno, concebido para incentivar a livre promoção de idéias sem restrições nem limitações quanto à sua exequibilidade” (MINICUCCI, 2001), a fim de resolver problemas que precisam de soluções novas e, portanto, de imaginação. Procura-se obter o maior número possível de sugestões, e nenhuma pode ser criticada durante a exposição (MINICUCCI, 2001).
5W1H	<p>Plano de ação construído com base em questionamentos referentes a seis elementos essenciais à implantação do projeto (ROSSATO, 1996):</p> <p>WHAT - O que será feito (etapas)  HOW - Como deverá ser realizada cada tarefa/etapa (método)  WHY - Por que deve ser executada a tarefa (justificativa)  WHERE - Onde cada etapa será executada (local)  WHEN - Quando cada uma das tarefas deverá ser executada (tempo)  WHO - Quem realizará as tarefas (responsabilidade)</p> <p>Descreve todas as tarefas a serem executadas de forma precisa, padronizada e objetiva (MACIEIRA; BENTO; SANTOS, 2003) e ajuda a implementar as ações de forma mais organizada. Tem sido utilizado também na versão 5W2H, que acrescenta a expressão “HOW MUCH” (quanto?).</p>

Fonte: Hornburg, 2007

### 2.8.1. *Brainstorming*

*Brainstorming* é a mais conhecida das técnicas de geração de idéias. Foi originalmente desenvolvida por Osborn, em 1938. Em Inglês, quer dizer “tempestade cerebral”. O *brainstorming* é uma técnica de idéias em grupo que envolve a contribuição espontânea de todos os participantes. Soluções criativas e inovadoras para os problemas, rompendo com paradigmas estabelecidos, são alcançadas com a utilização desta ferramenta. O clima de envolvimento e motivação gerado por esta técnica assegura melhor qualidade nas decisões tomadas pelo grupo, maior comprometimento com a ação e um sentimento de responsabilidade compartilhado por todos (JATOBÁ, 2010).

A característica mais marcante do *brainstorming* é a ausência total de críticas, ou seja, não deve haver inibição por parte dos participantes para apresentarem suas idéias, por mais estranhas que elas pareçam. Todos os participantes são encorajados a modificar, combinar ou melhorar as idéias apresentadas por outro membro (KAMINSKI, 2000). Uma idéia que aparentemente seja estranha pode estimular o surgimento de outra parecida, porém altamente aplicável, proveniente de outra pessoa. O objetivo é criar um fluxo livre de idéias, ou seja, superar os padrões de pensamento e paradigmas que inibem o surgimento de inovações (BRALLA, 1996).

Outra característica do *brainstorming* é o coletivismo de idéias, isto é, a responsabilidade e os créditos da idéia pertencem a todo o grupo, e não somente ao autor. É desejado que surja uma grande quantidade de idéias, para que aumente a probabilidade de surgirem idéias úteis (KAMINSKI, 2000).

O *brainstorming* é baseado em dois princípios e quatro regras básicas (JATOBÁ, 2010):

- ✓ O primeiro princípio é o da suspensão do julgamento, o que requer esforço e treinamento. Dos dois tipos de pensamento humano, o criativo e o crítico, usualmente predomina o último. Assim, o objetivo da suspensão de julgamento é o de possibilitar a geração de idéias, sobrepujando o pensamento de julgar e criticar. Só após a geração das idéias consideradas suficientes, é que se fará o julgamento de cada uma;

- ✓ O segundo princípio do *brainstorming* sugere que quantidade origina qualidade. Quanto maior o número de idéias geradas, maior será a possibilidade de encontrar a solução do problema. Maior será também o número de conexões e associações a novas idéias e outras soluções.

As quatro regras básicas para o êxito de uma sessão de *brainstorming*:

- ✓ Eliminar qualquer crítica, no primeiro momento do processo, para que não haja inibição nem bloqueios e ocorra o maior número de idéias;
- ✓ Apresentar as idéias tal qual elas surgem na cabeça, sem rodeios, elaborações ou maiores considerações. As pessoas devem se sentir muito à vontade, sem medo de “dizer uma bobagem”. Ao contrário, as idéias mais desejadas são aquelas que parecem disparatadas e sem sentido, no primeiro momento. Essas idéias costumam oferecer conexões para outras idéias criativas e até mesmo representarem soluções. Mesmo que mais tarde sejam abandonadas completamente, isso não é importante no momento da “colheita” das contribuições;
- ✓ No *brainstorming*, quantidade gera qualidade. Quanto mais idéias surgirem, melhor. Maior será a chance de se conseguir, diretamente ou por meio de associações, as idéias realmente boas;
- ✓ Numa segunda etapa, feita a seleção das idéias, aquelas potencialmente boas devem ser aperfeiçoadas. Nesse processo, costumam surgir outras idéias. Deve-se lembrar que derrubar uma idéia é mais fácil que concebê-la. Novas idéias normalmente nascem frágeis: é preciso reforçá-las para que sejam aceitas.

O processo de *brainstorming* é conduzido por um grupo de 6 a 12 participantes, com um coordenador e um secretário escolhidos. Cada participante recebe, antes da reunião, o enunciado do problema com todas as informações disponíveis. A sessão do *brainstorming* começa com a orientação aos participantes sobre as regras do jogo, a origem e o motivo do problema a ser estudado. Se o grupo não está acostumado a sessões desta técnica é aconselhável fazer um breve aquecimento e, se necessário, é possível redefinir o problema nessa ocasião.

Existem dos tipos de *brainstorming*:

- ✓ **Estruturado:** Nessa forma, todas as pessoas do grupo devem dar uma idéia a cada rodada ou “passar” até que chegue sua próxima vez. Isso geralmente obriga até mesmo o tímido a participar, mas pode também criar certa pressão sobre a pessoa.
- ✓ **Não-estruturado:** Nessa forma, os membros do grupo simplesmente dão as idéias conforme elas surgem em suas mentes. Isso tende a criar uma atmosfera mais relaxada, mas também há o risco de dominação pelos participantes mais extrovertidos.

Em geral, um *brainstorming* pode ser conduzido de acordo com as etapas apresentadas na Figura 11.



Figura 11 - Etapas do *Brainstorming*  
Fonte: Total Qualidade, 2010

Ao se anotar, finalmente, o problema no quadro, é que realmente inicia o *brainstorming* em si, com duração aproximada de 40 minutos. Durante esse período, cada pessoa do grupo deve estar estimulada e desinibida para oferecer o maior número possível de idéias, segundo a regra de ouro: é proibido fazer críticas. Todas as idéias devem ser anotadas em local bem visível. O último passo da sessão consiste na seleção das idéias, feita por um pequeno grupo de duas a cinco pessoas, que depois prestará contas ao grupo maior de seu trabalho (JATOBÁ, 2010).

### 2.8.2. 5 porquês

O “5 Porquês” é uma técnica utilizada para encontrar a causa raiz de um defeito ou problema. Foi desenvolvida por Sakichi Toyoda (fundador da Toyota) e aplicada no STP durante a evolução de suas metodologias de manufatura. O nome da técnica adveio da observação que, na maioria dos casos, se consegue chegar à causa fundamental de um problema ou defeito com até cinco perguntas, entretanto, o importante é que esta ferramenta sirva para exercitar as idéias e retirar a pessoa de sua zona de conforto (RIBEIRO, 2005).

Liker (2005) enfatiza a importância dos “5 porquês” para a identificação correta da origem do problema, para, assim, poder implantar a solução ideal. Esta técnica inicia-se com o estabelecimento do tema em questão, seguindo-se à pergunta: “porque” o problema ocorreu; identificadas as maiores causas do problema em análise, elas são tomadas e a cada uma é novamente realizada a pergunta: “porque” essas razões ocorreram e assim sucessivamente até que uma causa seja atribuída como a responsável pelo problema (BRIALES, 2005). De acordo com Ohno (1997), esses questionamentos levarão à causa e à solução do problema.

A presença de óleo no chão da fábrica é o exemplo hipotético da análise dos 5 porquês que a Toyota utiliza no treinamento interno para solução de problemas. Nesse exemplo, cada “porquê” nos leva mais adiante no processo e mais fundo na organização (LIKER, 2005). Segue o exemplo:

1 - Por que há uma poça de óleo no chão da fábrica?

Porque a máquina está vazando.

2 - Por que a máquina está vazando?

Porque a vedação está gasta.

3 - Por que a vedação está gasta?

Porque compramos vedações de material inferior.

4 - Por que compramos vedações de material inferior?

Porque conseguimos um bom negócio (preço) com essas vedações

5 - Por que conseguimos um bom negócio (preço) com essas vedações?

Porque o agente de compras é avaliado segundo a economia de custos a curto prazo.

6 - Por que o agente de compras é avaliado segundo a economia de custos a curto prazo?

Para atender a política organizacional subjacente do sistema de gratificação dos agentes de compras.

Neste exemplo, limpar o óleo do chão seria simplesmente uma medida temporária até que houvesse mais vazamento. Consertar a máquina seria algo um pouco mais a longo prazo, mas a vedação ficaria gasta novamente, outra vez provocando vazamento. Mudar as especificações da vedação poderia resolver o problema, mas há uma raiz mais profunda que continuaria sem solução. Poderíamos comprar peças a um custo menor, com materiais de qualidade inferior, já que os agentes de compras são avaliados com base em economia de custos a curto prazo. Somente consertando o problema organizacional subjacente do sistema de gratificação dos agentes de compras é que se pode impedir que toda uma gama de problemas semelhantes ocorra novamente (LIKER, 2005).

## 2.9. EVENTO KAIZEN

*Kaizen* são esforços de melhoria contínua, executados por todos, sendo que o seu foco central é a busca pela eliminação dos desperdícios. Já a definição de um Evento *Kaizen* (EK) pode ser compreendida como sendo um time dedicado a uma rápida implantação de um método ou ferramenta da manufatura enxuta, em uma área em particular e em um curto período de tempo (ARAÚJO; RENTES, 2006).

Os eventos *kaizen* (ou *kaizen blitzes*) são atividades formalmente usadas pelas organizações para obter melhorias significativas de forma rápida (*kaikaku*), confiando no poder criativo de uma equipe de colaboradores para planejar e implementar novos métodos de realizar o trabalho (MANOS, 2007). O EK consiste em uma técnica para a implantação rápida de melhorias, tanto em um processo produtivo como em um administrativo, com a participação efetiva do nível operacional (CHAVES FILHO, 2010).

A metodologia do *kaizen* tem sido freqüentemente aplicada para melhorar o desempenho das organizações. No Brasil, a Mercedes Benz já realizou centenas de eventos tendo obtido expressiva redução em inventário, redução da área utilizada para manufatura, de tempos de ciclo e de *set-up* (OAKESON, 1997).

Reali (2006) pesquisou os fatores críticos para o sucesso e sustentação de ganhos em eventos *kaizen* realizados por uma empresa de autopeças. O autor concluiu que a técnica de EK trouxe muitos benefícios à empresa estudada. Em geral, as mudanças aconteceram de forma rápida e constante, notando-se melhorias no desempenho da unidade.

Os benefícios advindos do *kaizen* ou do EK podem ser de natureza quantitativa ou qualitativa. Na primeira categoria pode-se exemplificar a redução de custos, de tempos, ou de inventário. Na segunda categoria estão os intangíveis, entre eles o maior comprometimento, a busca do desenvolvimento profissional e a satisfação pelo trabalho em equipe. Revisar os padrões do processo após ter incorporado melhorias, treinar os envolvidos nas novas práticas e monitorar os resultados ao longo do tempo são medidas preventivas para sustentar os ganhos no futuro (MANOS, 2007).

Geralmente nas empresas a realização do EK é dividida em três etapas, (SILVA et al., 2008), conforme mostra a Figura 12.

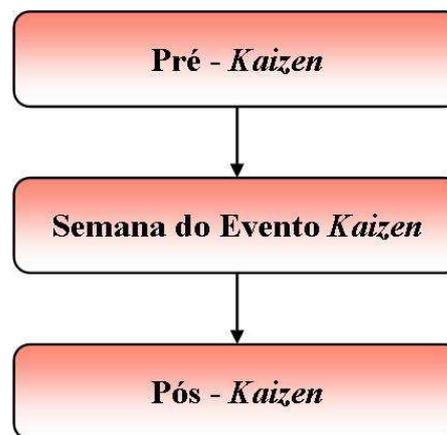


Figura 12 – Fluxo das etapas do EK  
Fonte: Adaptado de Silva et al., 2008

Estas etapas estão assim definidas:

- ✓ **Pré-Kaizen:** são definidos os objetivos e metas a serem alcançados, os recursos e a equipe de trabalho. Os passos seguidos nesta etapa são: selecionar a equipe para realização do evento (equipe interna, gestor e pessoas de áreas de interface); definir local e horário; convidar as pessoas para participação no *kaizen*; preparar material para a realização do *kaizen*; repassar conceitos de *kaizen*; escolher as ferramentas e entender como utilizá-las; alertar sobre o cumprimento da agenda;

definir o cronograma para aplicação do *kaizen*; deixar claro que o líder é o responsável pela aplicação e acompanhamento do plano de ação.

- ✓ **Semana do Evento *Kaizen*:** Inicia-se com um treinamento aos participantes sobre o que é um EK e suas ferramentas. A seguir são coletados os dados do processo, elaborado o MFV atual, planejadas e (ou) realizadas as melhorias no local de trabalho para eliminar ou mitigar os desperdícios. Finalmente, prepara-se o MFV do estado futuro. Como esta é uma etapa de crucial importância para obtenção dos resultados é necessário que durante ela haja dedicação integral das pessoas envolvidas.

A agenda típica de um EK é ilustrada na Quadro 4.

Quadro 4 - Agenda de um Evento *kaizen*

EVENTO KAIZEN DE PADRONIZAÇÃO				
Agenda em dias				
1° dia	2° dia	3° dia	4° dia	5° dia
Abertura	Verificação do estado atual	Implementação das oportunidades	Implementação do estado futuro	Ensaio da apresentação
Treinamento	Levantamento das oportunidades	Definição do estado futuro	Validação do estado futuro e Treinamento dos operadores	Apresentação
	Planejamento da execução das oportunidades	Elaboração da documentação	Início da elaboração da apresentação	

Fonte: Adaptado de Perin, 2003.

- ✓ **Pós-Kaizen:** após noventa dias da data final do evento *kaizen*, verificar se os resultados obtidos com o *kaizen* foram mantidos e se todas as ações pendentes foram executadas.

Segundo Martin e Osterling (2007) algumas das principais características dos EK são:

- ✓ curta duração;
- ✓ objetivos agressivos;
- ✓ eliminação do desperdício no fluxo de valor;
- ✓ uso da criatividade em detrimento ao emprego de capital;
- ✓ desenvolvidos por equipe multifuncional dedicada integralmente ao evento.

Araújo e Rentes (2006) apresentam algumas recomendações para o gerenciamento de processos de mudança, especialmente aqueles experimentados em implementação de Sistemas de Produção Enxuta:

- ✓ **Comunicar, comunicar, comunicar:** assegure-se de que todos (não apenas os envolvidos diretamente na área em que ocorre o evento *kaizen*) saibam o que está ocorrendo e quais são as finalidades. Uma breve explanação do líder do time de projeto, ou do supervisor da área, no início do turno de trabalho pode ser suficiente para assegurar às pessoas de que ninguém os está privando de informações sobre o que está se passando;
- ✓ **Identifique comportamentos negativos no início da implantação:** se alguém não estiver participando, ou demonstrando comportamento negativo, fale com esta pessoa em particular. Ouça suas preocupações e aja no sentido de resolvê-las. Ouça ativamente o que as pessoas têm a dizer, com preocupação genuína. Então, responda. Explique como os esforços de mudança irão tornar a empresa mais forte, o que irá tornar o futuro de todos potencialmente mais próspero e seguro. Se possível, assegure às pessoas que ninguém irá perder seu emprego como decorrência direta da melhoria do fluxo;
- ✓ **Não deixe um problema parar o processo:** talvez, um problema inesperado torne impossível a execução completa do evento *kaizen*. Conheça o problema, e volte a programar o evento para o primeiro momento possível após o problema ser sanado. Não interprete o atraso como uma falha, mas como um desvio presente na maioria das jornadas ambiciosas;

- ✓ **Considere cada EK um experimento:** imagine que se esteja promovendo o desenvolvimento e implantação de uma célula, mas subestimou-se o tempo necessário para a execução e não foi feito estoque de segurança suficiente para o período todo da implantação. Então, precisa-se lutar e interromper momentaneamente o processo de celularização para que a linha de montagem do cliente não pare. Talvez, no próximo evento *kaizen* de desenvolvimento e implantação de uma célula, prefira-se usar um final de semana. Ou seja, alguns “erros” serão cometidos no processo. Aprenda com eles e caminhe adiante;
- ✓ **Recompense e reconheça o esforço das pessoas:** isto pode significar o aprimoramento da confiança mútua e do respeito. Pessoas, na maioria das vezes, motivam-se ao serem recompensadas de alguma forma: reconhecimento público, ganhos materiais ou *status* desejados;
- ✓ **Esteja presente:** o gerente do fluxo de valor, líder do projeto, e alta gerência devem ir ao chão de fábrica com regularidade de modo a encorajar os colaboradores e descobrir o que eles podem fazer para apoiar os esforços de mudança;
- ✓ **Seja flexível:** muito provavelmente eventos inesperados irão acontecer, mas, flexibilidade, combinada com foco e comprometimento, irão prevalecer, mais cedo ou mais tarde.

Um grande obstáculo para muitas organizações é realmente manter ou melhorar os resultados de um EK depois que ele está concluído (GLOVER, 2010). Este fato ocorre quando a última etapa do EK (pós-Kaizen) não é bem executada, ou seja, deixa-se de monitorar o desempenho do processo e incorporar a ele todas as ações de melhoria.

Um melhor entendimento sobre o processo de melhoria contínua, que é a essência do *Kaizen*, pode ser obtido por meio da compreensão do “Ciclo PDCA” (HORNBURG, 2007). As etapas do PDCA (*plan, do, check, act* ou, planejar, executar, controlar e agir) estão inseridas dentro do evento *kaizen* constituindo-se na base de abordagem científica pela qual se busca a solução de problemas, conforme mostra o Quadro 05, adaptado de Martin e Osterling (2007).

Quadro 5 - Associação entre as etapas do PDCA e do evento *kaizen*

<b>Etapas do PDCA</b>	<b>Etapas do evento <i>kaizen</i></b>
Planejar	Planejar e preparar para o evento. Obter dados relativos ao estado atual.
Executar	Observar e analisar o processo atual, planejar as melhorias do processo, testar, padronizar e documentar as alterações. Treinar os colaboradores.
Controlar	Monitorar o desempenho do processo
Agir	Avaliar desempenho do processo, comparar com os objetivos do fluxo de valor, fazer novas melhorias conforme necessidade.

Fonte: Adaptado de Martin e Osterling, 2007

Durante o EK surgem várias ações de melhoria para serem implantadas, a prioridade para a implantação das soluções é orientada pelo diagrama de PACE (LIKER; MEIER, 2006), acrônimo para as palavras *Priority-Action-Consider-Eliminate* (em português: Priorizar, Agir, Considerar e Eliminar), elaborado segundo os critérios estabelecidos no Quadro 6.

Quadro 6 - Critérios de prioridade para implantação das soluções

<b>CATEGORIA</b>	<b>IMPLANTAÇÃO</b>	<b>BENEFÍCIOS</b>	<b>DECISÃO</b>
<b>P</b>	Fácil	Grande	Operacionalizar com a máxima prioridade, pois são de fácil adoção e se prevê que possam reverter em benefícios significativos quando postas em prática.
<b>A</b>	Fácil	Pequeno	Operacionalizar após os itens classificados na categoria “P” pois embora não resultem em benefícios tão significativos, podem ser implantadas com relativa facilidade.
<b>C</b>	Difícil	Grande	Confirmar o grau de dificuldade estimado para operacionalização e se o benefício esperado compensa o esforço de implantação. Se for finalmente decidido colocar a sugestão em prática e isto estiver acima das possibilidades dos membros do time, considerar abordagem posterior via projeto específico.
<b>E</b>	Difícil	Pequeno	Como estas sugestões são difíceis de implantar e têm baixa perspectiva de retorno, devem ser descartadas ou considerar com baixa prioridade de implantação

Fonte: Adaptado de Liker e Meier, 2006

### 3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Neste capítulo são apresentadas as informações sobre o procedimento metodológico utilizado nesta pesquisa. Inicialmente, se caracteriza o método utilizado e a seguir descrevem-se as ferramentas e as etapas envolvidas no estudo de caso.

#### 3.1. CARACTERIZAÇÃO DO MÉTODO UTILIZADO

A classificação adotada para o presente estudo baseia-se em Silva e Menezes (2005), Gil (2002) e Yin (2007). Ela leva em consideração a natureza da pesquisa, a forma de abordagem do problema, os objetivos e o procedimento da pesquisa. O Quadro 7 sintetiza a classificação.

Quadro 7 – Classificação do trabalho em termos de pesquisa

FUNDAMENTOS DO MÉTODO	CARACTERÍSTICAS	AUTORES
Natureza	Aplicada	Silva; Menezes (2005)
Abordagem	Qualitativa e Quantitativa	
Objetivo	Exploratória	
Procedimento	Estudo de Caso	Gil (2002) Yin (2007)

Do ponto de vista da natureza, esta pesquisa é classificada como aplicada, pois tem o objetivo de gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos a solução de problemas específicos, na área de programação (SILVA e MENEZES, 2005).

Segundo Silva e Menezes (2005), a pesquisa quantitativa considera traduzir em números opiniões e informações e classificá-las e analisá-las, e requer o uso de recursos e de técnicas estatísticas (porcentagem, média, dentre outros). Já a pesquisa qualitativa, considera que existe um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não se pode traduzir em números, e que os pesquisadores tendem a analisar os dados indutivamente.

Assim, considerando a forma de abordagem do problema, esta pesquisa é classificada, em primeiro lugar, como qualitativa, pois considera que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, que o ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento chave, que tende a analisar seus dados indutivamente. Ela traz aspectos quantitativos porque considera que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir opiniões e informações em números para classificá-las e analisá-las.

Considerando o objetivo, esta pesquisa é classificada como exploratória, pois proporciona maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito. Ela envolve levantamento bibliográfico do tema pesquisado; coleta de dados com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos que estimulem a compreensão.

Do ponto de vista de procedimentos técnicos, o trabalho é classificado como estudo de caso, pois, de acordo com Gil (2002), este procedimento caracteriza o estudo profundo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

Segundo Yin (2007), o estudo de caso é uma estratégia de pesquisa que se baseia em questões do tipo “como” e “por que” sobre um conjunto de fatos atuais de que o pesquisador tem pouco ou nenhum controle. É a estratégia apropriada para a análise de acontecimentos contemporâneos, quando não se podem manipular comportamentos relevantes.

### 3.2. DESCRIÇÃO DA PESQUISA REALIZADA

A metodologia do EK pode ser definida como um processo de trabalho estruturado a encontrar e aplicar técnicas de melhorias rápidas e contínuas. Seu planejamento e agenda são descritos a seguir.

#### 3.2.1. Planejamento do Evento *Kaizen*

O EK foi realizado em três semanas, e incluiu os passos metodológicos apresentados na Figura 13.

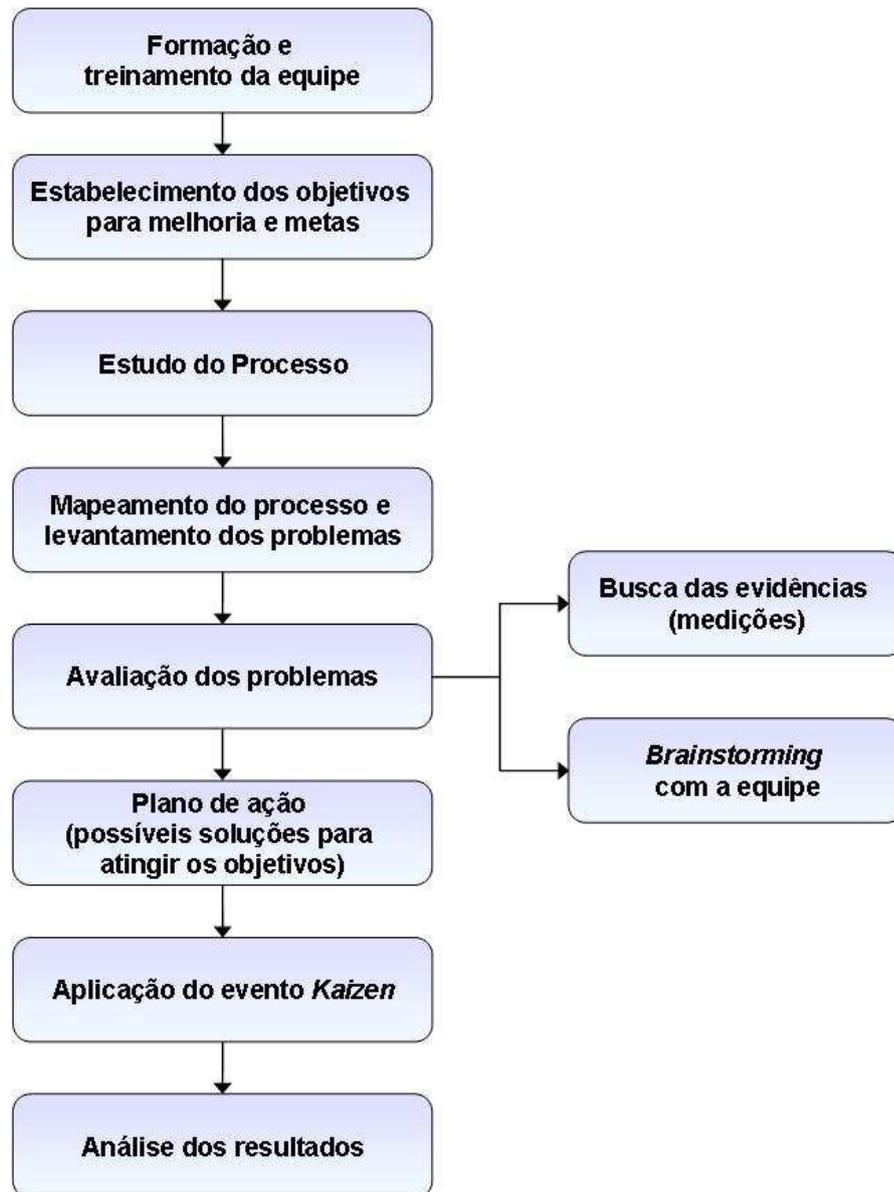


Figura 13 - Metodologia da aplicação do EK

Estes passos estão assim definidos:

- ✓ **Formação e treinamento da equipe:** após a definição do processo onde seria realizado o EK, foi formado o time de trabalho com 10 integrantes, com os seguintes profissionais:
  - a) Um líder de equipe (o engenheiro da manufatura que atua na área da programação CN), que compreende bem a metodologia do *kaizen* e ao mesmo tempo é capaz de orientar a equipe envolvida.
  - b) Um coordenador (o KPO da engenharia de manufatura), responsável pela preparação e logística do evento.

- c) Um “patrocinador” (o gerente da engenharia da manufatura), participando em tempo parcial e conforme necessidade do grupo, sendo responsável por obter os recursos necessários e eliminar as barreiras para o sucesso do *kaizen*;
- d) Quatro funcionários do setor (quatro programador CN) onde a metodologia está sendo aplicada, efetivamente responsáveis pela implementação das melhorias.
- e) Número variável de funcionários (entre 1 e 3 profissionais) de outros setores (Projeto, Produção, Planejamento do Controle de Produção (PCP)), convidados a participar em tempo parcial por serem afetados pelos resultados do *kaizen*.

- ✓ **Estabelecimento dos objetivos para melhoria e metas:** foi organizado inicialmente pelo líder da equipe um workshop com o patrocinador do projeto, supervisor da área, coordenadores e técnicos da área de programação CN durante o qual foram definidas as seguintes metas a serem alcançadas até o final do evento *kaizen*.
  - Reduzir em aproximadamente 50% o tempo de elaboração da programação CNC e o tempo de ciclo para disponibilização dos programas de usinagem de peças de baixa, média e alta complexidade à produção.

Embora desafiadores, considerou-se que estes valores seriam factíveis de alcançar.

- ✓ **Estudo do Processo:** este estudo incluiu:
  - a) Conhecer todas as etapas de elaboração do programa CN para usinagem. A equipe de trabalho foi no *Gemba* (uma palavra japonesa que significa "local real" ou “o local onde ocorre a ação”. Por exemplo, em uma fábrica, é o chão de fábrica, neste trabalho é o local onde é feito os programas) e acompanhou todo o processo de elaboração do programa de usinagem juntamente com um programador CN que mostrou todas as etapas do processo;
  - b) Fazer um levantamento da demanda mensal baseada nos últimos meses e no planejamento para os meses seguintes;
  - c) Fazer um levantamento dos maiores problemas nos últimos meses;
  - d) Divisão do produto por família e tempo de ciclo de programação CN.

- ✓ **Mapeamento do processo e levantamento dos problemas:** utilizando-se dos conceitos da produção enxuta, construiu-se o mapa atual do fluxo de valor. Esse mapeamento foi realizado em uma sala reservada, denominada *Gemba*, com participação de todos os envolvidos no fluxo, ou seja, Engenharia de Produção, Produção e PCP. Nele se identificaram todas as atividades específicas que ocorrem na elaboração do programa de usinagem tornando-se possível identificar vários desperdícios, avaliar suas causas e impactos e por meio dessa análise, elencar possíveis alternativas para eliminá-los e melhorar o processo.
  
- ✓ **Avaliação dos problemas:** análise metódica das causas raiz utilizando as ferramentas do *lean manufacturing* (*brainstorming* e 5 porquês) e opções de correção que deveriam ser abordadas. Nesta fase, foram realizadas as seguintes atividades com o grupo de trabalho:
  - **Busca das evidências (medições):** a comprovação de cada problema foi feita revisando-se seu histórico de ocorrência ao longo do tempo, por meio de relatórios de inspeção e comunicados de discrepâncias (CD). Além de tornar possível mensurar o desperdício e a gravidade do problema, a visão detalhada de sua frequência contribuiu na análise e entendimento das oportunidades existentes, em muito facilitando a definição e priorização das ações.
  - **Brainstorming com a equipe:** promoveram-se reuniões com toda a equipe, visando obter o conhecimento das principais deficiências do processo, e assim, elaborar alternativas de melhoria. As alternativas de melhoria emergiram por meio de *brainstorming* com toda a equipe do EK.
  
- ✓ **Plano de ação (possíveis soluções para atingir os objetivos):** o plano de ação foi estruturado em uma planilha contendo todos os problemas cadastrados, as respectivas ações corretivas, um responsável e um prazo de implantação. A ferramenta utilizada para registrar os resultados das ações foi o relatório A3 geral, que se completou com a descrição das deficiências no processo, as soluções propostas, os objetivos, as metas e os resultados obtidos. Com o A3 geral foi possível nortear o trabalho a todo instante, dando visão dos problemas e metas a

serem alcançadas. Para o problema de espera entre os turnos de trabalho foi elaborado o relatório A3 específico.

- ✓ **Aplicação do evento *Kaizen*:** na semana do EK foram executadas e testadas todas as sugestões que o time de trabalho idealizou para a melhoria do processo, e também realizados acompanhamentos diários para coletar dados de desempenho do novo processo.
  
- ✓ **Análise dos resultados:** os resultados finais e a conclusão acerca do valor agregado em função das melhorias implantadas foram discutidos quatro meses após o término da semana do EK, tempo necessário para estimar os ganhos e avaliar se as metas e os objetivos foram concluídos com sucesso.

### 3.2.2. Agenda do Evento *Kaizen*

A semana do EK seguiu o seguinte roteiro:

1° dia

Kick-off (Apresentação da proposta, e dos objetivos e metas a serem alcançados);

2° dia

Elaboração do mapeamento do fluxo de valor futuro.

Atuação da equipe na implementação das ações.

3° dia

Atuação da equipe na implementação das ações.

Simulação do piloto conforme MFV futuro com as novas padronizações de trabalho.

4° dias

Levantamento dos resultados do dia anterior, comparação destes resultados com as metas e objetivos;

Atuação da equipe na implementação das ações.

5° dia

Compilação dos resultados encontrados na semana e apresentação final a gerência.

## 4. ESTUDO DE CASO

Para facilitar a compreensão do estudo de caso ele foi dividido em duas etapas denominadas processo de usinagem e a área de programação de controle numérico, conforme descrito a seguir.

### 4.1. PROCESSO DE USINAGEM

Na empresa onde este estudo foi desenvolvido, o processo de usinagem de qualquer produto é originado do trabalho dos setores de Projeto e Engenharia de Fabricação. Com auxílio de estações computacionais gráficas do tipo CAD (*Computer Aided Design*), integradas com recursos para aplicação do método de elementos finitos, o setor de Projeto é o responsável por desenvolver o sólido tridimensional do produto, modelado nas formas e dimensões adequadas, e especificar o material no qual ele deverá ser fabricado para atender os requisitos de projeto.

Concluída a fase do projeto da peça o sólido do produto é liberado para o setor de Engenharia de Fabricação, composto pelas áreas de Processo e de Programação Controle Numérico (CN). Neste setor são definidas todas as etapas do processo de fabricação. Na área de programação CN, por meio do auxílio do CAD, o sólido do produto é analisado e são verificados os seguintes aspectos:

- ✓ dimensão da peça;
- ✓ tolerância geométrica;
- ✓ grau de liberdade (3,4 ou 5 eixos) em relação ao sistema cartesiano;
- ✓ material definido (alumínio, aço, titânio, etc.);
- ✓ gabaritos de fixação;
- ✓ máquinas operatrizes CNC disponíveis.

Com base nesta análise são planejados os recursos necessários ao processamento do produto, com o auxílio do *software* CAD/CAM e utilizando-se do sólido do produto liberado

pelo projeto, o programador elabora os programas de usinagem necessários ao final do qual já é possível obter uma estimativa aproximada do tempo operacional.

A documentação de apoio à Produção, para a fabricação do produto, é preparada pela área de Processo, ou seja, é elaborado o roteiro de fabricação por meio das informações fornecidas pelo setor de Programação. Este roteiro traz a relação seqüencial das máquinas operatrizes selecionadas para o ciclo de processamento. O fluxo de alto nível para a obtenção do produto é ilustrativamente apresentado na Figura 14.

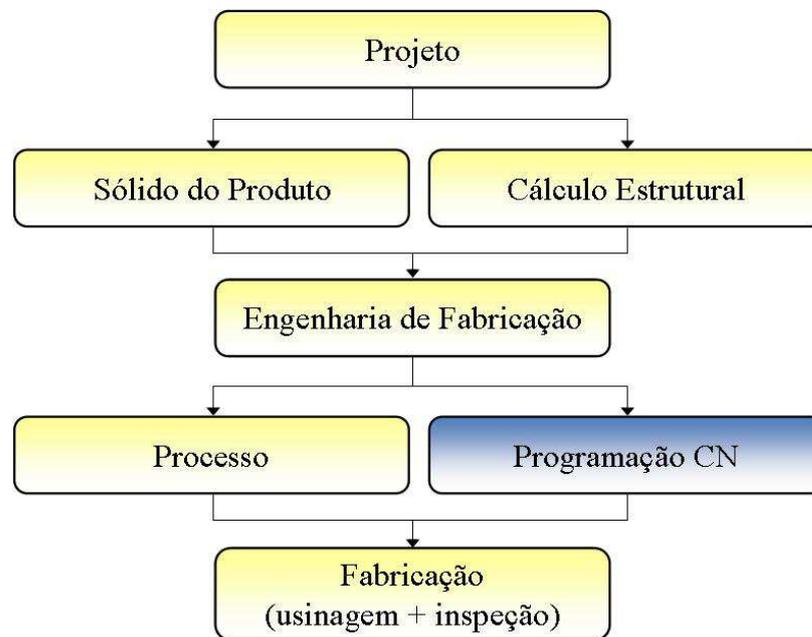


Figura 14 - Fluxo da obtenção do produto

#### 4.2. A ÁREA DA PROGRAMAÇÃO DE CN

Vários tipos de produtos passam pela área de Programação CN. Revisando-se dados históricos disponíveis nos arquivos desta área percebeu-se que, a partir de tempos típicos de programação, seria possível estratificar estes produtos em três famílias, a saber:

- ✓ Peças de baixa complexidade;
- ✓ Peças de média complexidade;
- ✓ Peças de alta complexidade.

O Quadro 8 mostra as três famílias de peças:

Quadro 8 - Famílias de peças

Complexidade	Tipo de Peça	Dimensão máxima	Geometria	Ferramentas especiais	Dispositivos de fixação
Baixa		500 mm	3 e 4 eixos	Não necessitam	Simples (parafusos)
Média		1000 mm	3,4 e 5 eixos	Necessitam	Média complexidade (parafusos e grampos)
Alta		Acima de 1000 mm	3,4 e 5 eixos	Necessitam	Alta Complexidade (parafusos, grampos e vácuo)

Devido a crescente pressão do mercado em fornecer produtos customizados com reduzido tempo de desenvolvimento, a indústria aeronáutica tem a necessidade de ser ágil na manufatura de componentes para aeronaves. Parte desta necessidade pode ser atendida pelo setor de Engenharia de Fabricação a partir da identificação de oportunidades que contribuam para reduzir os prazos de programação de usinagem e, conseqüentemente, de fabricação dos componentes. A área da programação é responsável por prover meios para que a produção possa fabricar as peças idealizadas pelo projeto. Para obter o produto é necessário elaborar o programa de usinagem que envolve as oito etapas ilustradas na Figura 15.

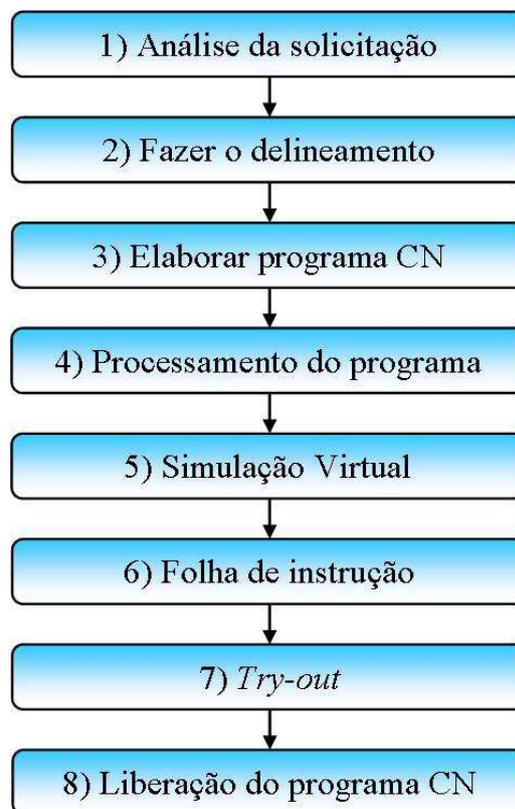


Figura 15 – Etapas para elaboração do programa de usinagem

Estas etapas estão assim definidas:

1) **Análise da solicitação:** a área de programação recebe a solicitação do projeto e analisa a peça, verificando se a mesma será fabricada convencionalmente ou na área de máquinas de controle numérico.

- As peças que somente necessitam de esquadrejamento ou furacões sem tolerâncias geométricas são direcionadas para usinagem manual, onde não é necessário o programa de usinagem.

- As peças, cuja geometria torna necessário cálculos numéricos para fabricação, bem como que possuem determinadas tolerâncias geométricas, são direcionadas para a área de programação CN, para que se possa elaborar o programa de usinagem.

2) **Fazer o delineamento:** nesta fase é realizada a análise das características da peça a ser fabricada, e o programador CN estuda a melhor maneira de fabricar o produto. O primeiro passo é, por meio do CAD, analisar a geometria da peça em relação ao grau de liberdade, analisando-se e verificando-se, se o produto irá requerer usinagem em 3, 4 ou 5 eixos.

De posse do grau de liberdade é definido em qual máquina CNC a peça será fabricada. É necessário confirmar se a mesma atende as especificações do produto, e esta confirmação é feita realizando algumas simulações virtuais com a peça, em comparação com a máquina.

O próximo passo do programador de usinagem é definir como a peça deve ser fixada. Nesta operação é definido qual meio será utilizado, ou seja, fixação por meio de gabarito a vácuo, morsa, dispositivos universais, grampos, parafusos, dentre outros. De posse destes dados é possível determinar o formato e dimensão da matéria prima que serão utilizados para fabricar a peça.

O passo seguinte é analisar e definir as ferramentas de corte; com o auxílio do CAD é feita a medição dos raios de fundos e de canto da peça e é definido o diâmetro da fresa de corte, e a medição das alturas da aba para definir a altura da lâmina de corte das ferramentas.

Para determinar quais brocas serão necessárias é realizada a medição virtual de todos os furos existentes na peça.

Após definição das ferramentas de corte é necessário verificar se as mesmas estão disponíveis, caso não existam no estoque se faz necessário elaborar uma ordem de compra.

A etapa final desta fase é definir as estratégias de usinagem, ou seja, estuda-se a melhor forma de usinar o material para obter o produto final, elaborando-se uma seqüência de operações passo a passo da forma de remoção do material, qual ferramenta e parâmetros de corte serão utilizados e quantas fases de usinagem (desbaste e acabamento) serão necessárias.

3) **Elaborar programa CN:** de posse das informações definidas na etapa anterior (máquina de controle numérico, dimensão da matéria-prima, gabaritos de fixação, ferramentas de corte, parâmetros de corte e estratégia de usinagem) inicia-se a elaboração do programa de usinagem.

Com o auxílio do *software* CAM, o programador CN cria virtualmente os caminhos que serão percorridos pela ferramenta de corte e começa a modelar a matéria-prima. Seguindo a estratégia de usinagem e a seqüência de operações, ele cria as fases de desbaste, e posteriormente de acabamento e furação, deste modo, aos poucos o envelope da matéria-prima vai sendo removido e sendo transformado no sólido virtual do produto.

4) **Processamento do programa CN:** concluído o programa de usinagem é necessário converter as informações geradas e processadas pelos sistemas CAD/CAM (programa fonte) para a linguagem específica de cada máquina de comando numérico.

Além de traduzir as instruções emitidas de um sistema CAM e escrever numa forma apropriada para uma máquina CN específica, o pós-processo acrescenta informações que serão utilizadas para criar as instruções para o operador de máquina.

5) **Simulação Virtual:** devido a alguns fatores relacionados a fabricação do produto, tais como, a elevada complexidade das peças, velocidade do avanço de corte, acelerações das máquinas CNC e exigências na redução do ciclo de desenvolvimento, faz-se necessária a verificação virtual dos programas de usinagem, a fim de evitar possíveis danos ao equipamento e/ou operador.

A simulação virtual de programas CNC com ferramentas computacionais é realizada em duas etapas. A primeira etapa tem como objetivos checar a trajetória da ferramenta sobre a peça, possibilitando ao programador de usinagem analisar as dimensões do produto, visualizar contatos indevidos entre a ferramenta e a peça e verificar se as estratégias de usinagem adotadas estão conforme o delineamento proposto. A segunda etapa da simulação virtual tem como funções permitir ao programador de usinagem visualizar detalhes pertinentes a dinâmica do conjunto máquina CNC com a peça e, possibilitar a verificação de possíveis colisões durante a usinagem dos componentes da máquinas com a peça e os gabaritos de fixação, que, quando ocorrem provocam danos significativos à operação.

6) **Folha de instrução:** trata-se de um documento que contém as informações necessárias para orientar o operador de máquina de controle numérico na execução de um programa de usinagem. Neste documento estão às informações referentes a fabricação da peça na máquina escolhida, ou seja, tempo de usinagem, ilustração, descrição da montagem da peça no gabarito, parâmetros de corte (rotação e avanço), local de zeragem da máquina, seqüência de usinagem das ferramentas de corte e cotas referentes à inspeção do produto durante o processo de fabricação.

7) **Try-out:** concluída a elaboração do programa CN é emitida uma ordem de fabricação para testar o programa na máquina CNC; neste teste real, denominado *try-out*, verifica-se a seqüência de usinagem e parâmetros de corte, e em especial, o comportamento das ferramentas utilizadas, sendo dessa forma, uma oportunidade de verificar a sua eficiência e eficácia, antes de fabricar o primeiro lote de peça série.

8) **Liberação do programa CN:** com a aprovação da peça usinada o programa CN fonte é arquivado e liberado no banco de dados da engenharia de produção. Durante o processo de cadastramento é necessário tomar alguns cuidados referentes à revisão do produto, arquivar todos os programas CN fonte, bem como, os processados para produção, deixar com *status* liberado e trocar a propriedades de segurança dos arquivos de restrito para *all user* (para que possa ser prontamente recuperável caso seja necessário realizar alterações ou melhorias).

## 5. RESULTADOS e DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos com auxílio das ferramentas do *Lean Manufacturing* empregadas durante as fases do desenvolvimento do evento *Kaizen* no setor da programação CN.

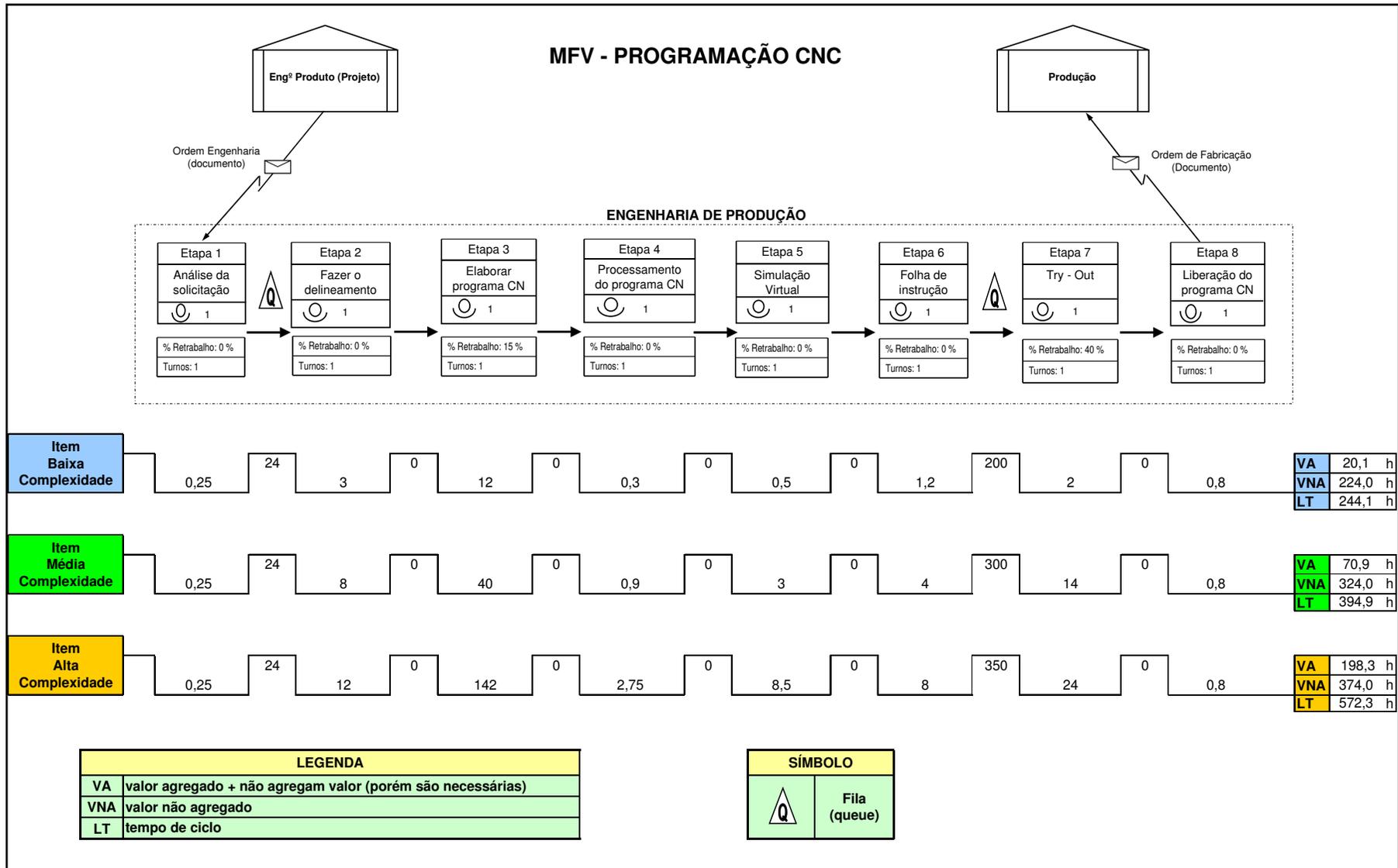
### 5.1. MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR PARA O ESTADO ATUAL

O MFV atual da programação CN foi o primeiro resultado obtido na fase de preparação EK, este documento está ilustrado na Figura 16, sendo que para realizá-lo seguiram-se as etapas:

1. Identificação de fornecedores e cliente;
2. Revisão dos processos internos (etapas), entre o fornecedor e o cliente;
3. Descrição das características dos processos (quantidade de programador CN, retrabalhos e turno);
4. Levantamento dos tempos de fila (espera) entre os processos;
5. Relação de comunicações existentes entre os processos;
6. Representação da linha do tempo dos processos internos.

Com a finalização do MFV atual, foi possível para o time entender o fluxo do processo para elaboração do programa de usinagem, compreender como era feita a comunicação e a troca de informações entre os processos internos e o nível de atividades realizadas em cada etapa. Por meio do MFV atual, pode-se verificar que a porcentagem do tempo de valor agregado era baixo nas oito etapas para elaboração do programa CN.

Figura 16 – MFV estado atual



A Figura 17 indica o desempenho do processo para as famílias de peças de baixa, média e alta complexidade.

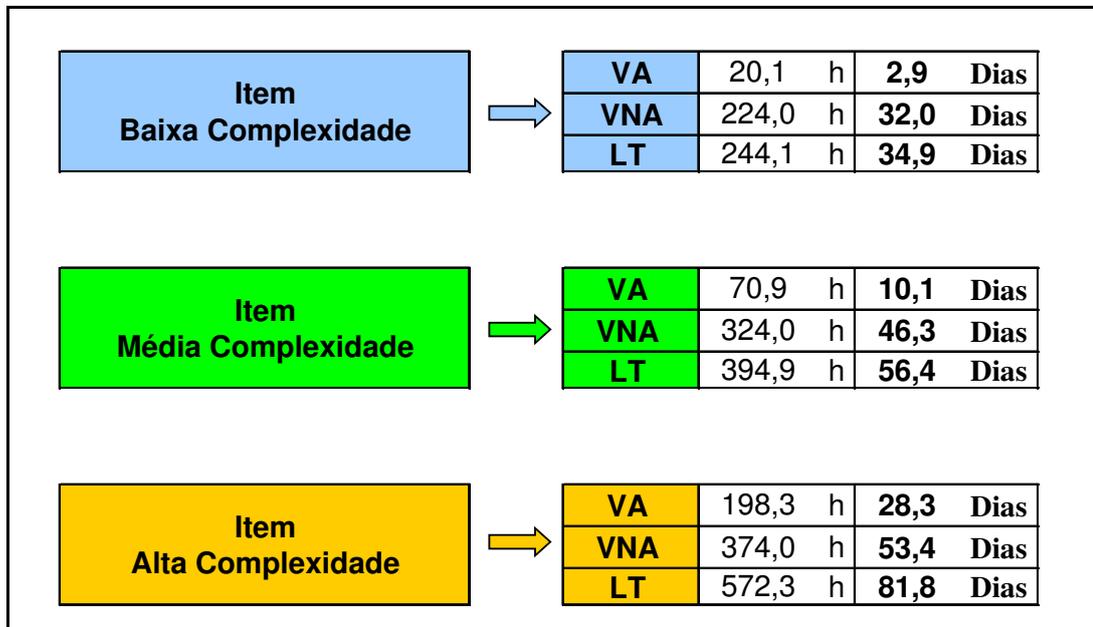


Figura 17 - Tempo de execução do programa CN no MFV atual

## 5.2. IDENTIFICAÇÃO DAS OPORTUNIDADES

A construção do MFV resultou em uma visão gráfica de todo o processo, facilitando a identificação de desperdícios nos processos. Para buscar oportunidades de melhoria no fluxo de valor, identificar as deficiências em cada etapa, diagnosticar a origem dos problemas e elaborar alternativas para eliminar as perdas no processo, o time de trabalho formulou algumas perguntas:

Onde estão as etapas de criação de valor?

Onde estão as que criam desperdício?

Como o trabalho pode ser executado sem interrupções?

Como serão priorizadas as tarefas?

A seguir o time identificou as deficiências nas etapas do fluxo e, em associação com os sete desperdícios considerados dentro da teoria do pensamento enxuto, diagnosticou a

razão pela qual elas ocorriam. As deficiências encontradas em cada etapa do trabalho foram associadas aos tipos de desperdício (Quadro 01, pg. 18), segundo a perspectiva do Sistema Toyota de Produção. Para expressar quantitativamente a intensidade desta associação, foi utilizada uma escala numérica de três valores, na qual o algarismo:

1 = indica fraca associação;

3 = indica associação razoável;

9 = indica forte associação.

Conhecendo as deficiências em cada etapa do processo e diagnosticada a origem dos problemas, utilizaram-se metodologias de soluções de problemas como, por exemplo, os cinco porquês, *brainstorming* e mapeamento do processo para eliminar as perdas, conforme mostram os Quadros 9, 10, 11 e 12. Nestes quadros foram incluídos os critérios do diagrama de PACE (P = implantação fácil e benefício grande, A = implantação fácil e benefício pequeno, C = implantação difícil e benefício grande e E = implantação difícil e benefício pequeno), necessários para priorizar a implementação das diversas ações de melhoria oriundas do EK.

Quadro 9 - Oportunidades percebidas durante eventos *kaizen* (Etapas 1 e 2)

Etapas	DEFICIÊNCIA							CAUSA RAIZ	SOLUÇÃO	CRITÉRIO PACE	
	DESCRIÇÃO	DESPERDÍCIOS									
		Defeito	Espera	Movimentação	Excesso	Transporte	Processamento				Estoque
1	Solicitação para fabricação do produto com a ausência da data de necessidade da peça	9	1	1	1	1	1	3	Não preenchimento da data de necessidade pela área do PCP	Criado um <i>poka yoke</i> no arquivo de necessidade, para evitar que o campo de data fique sem preenchimento.	A
	Planejamento de entrada de serviço para a área da programação CN inadequada	3	9	1	1	1	1	1	Controle de entrada de serviço obsoleto, utilizado pela área da programação CN	Criada uma nova planilha de gerenciamento de entrada de serviço para área da programação CN	A
2	Planejamento inadequado do corte da matéria prima, gerando retalhos desnecessários	1	1	1	1	1	9	1	Ausência de estudo de aproveitamento da placa bruta (matéria-prima)	Implementado procedimento para otimizar o corte da placa	P
	Biblioteca de ferramentas de corte no CAM desatualizadas	1	9	1	1	1	1	1	Falta de uma rotina periódica para atualização da biblioteca do CAM	Criado uma rotina semanal para atualização das ferramentas de corte na biblioteca do CAM	A
	Falta de padronização no desenvolvimento dos programas de usinagem	9	1	9	1	1	1	1	Ausência de uma rotina para compartilhamento de melhores práticas de usinagem com a equipe	Formação de um banco de dados ( <i>learned lessons</i> )	P

Quadro 10 - Oportunidades percebidas durante eventos *kaizen* (Etapas 3 e 4)

Etapas	DEFICIÊNCIA							CAUSA RAIZ	SOLUÇÃO	CRITÉRIO PACE	
	DESCRIÇÃO	DESPERDÍCIOS									
		Defeito	Espera	Movimentação	Excesso	Transporte	Processamento				Estoque
3	Desconhecimento das funções avançadas do CAD / CAM por parte dos programadores	9	1	1	1	1	9	1	Treinamento insuficiente sobre as funções avançadas do CAD / CAM	Realização de treinamentos específicos para os programadores	P
	<i>Lay-out</i> das estações gráficas CAD / CAM inadequado, gerando movimentações desnecessárias	1	1	9	1	1	1	1	As estações gráficas CAD / CAM estão distantes dos micros que realizam as simulações virtuais das máquinas	Criado novo <i>lay-out</i> na área de programação CN	P
	Programa de usinagem é interrompido entre os dois turnos de trabalho	1	9	1	1	1	1	9	Programadores do 1º e 2º turnos realizam programas de usinagem para produtos diferentes	O mesmo programa de usinagem é continuado nos dois turnos de trabalho, veja detalhes no Quadro 15 (pg. 72)	P
4	O programador desconhece eventuais mensagens de erros geradas no processamento do programa fonte	1	9	1	1	1	1	1	Treinamento insuficiente e ausência de auxílio visual para códigos de erros	Treinamento para os programadores e construção de planilha informativa dos códigos de erros	A
	O programador do 2º turno desconhece criação / manuseio do software de processamento do programa fonte para programa de máquina	1	9	1	1	1	1	1	Especialista na criação / manuseio do software de processamento não disponível no 2º turno	Realização de treinamentos específicos para formação de especialista no 2º turno	A

Quadro 11 - Oportunidades percebidas durante eventos *kaizen* (Etapas 5 e 6)

Etapas	DEFICIÊNCIA							CAUSA RAIZ	SOLUÇÃO	CRITÉRIO PACE	
	DESCRIÇÃO	DESPERDÍCIOS									
		Defeito	Espera	Movimentação	Excesso	Transporte	Processamento				Estoque
5	Kit de ferramentas do simulador de máquina virtual diferente do CAM	1	3	1	1	1	9	1	Falta de uma rotina de atualização das ferramentas do simulador de máquina virtual	Criado uma rotina semanal para atualização das ferramentas no simulador de máquina virtual	A
	Falta de máquina virtual para realizar as simulações de colisão do programa de usinagem com os elementos de máquina CN	1	9	1	1	1	1	1	Há somente uma pessoa treinada para construir as máquinas virtuais	Realização de treinamentos específicos para construção das máquinas virtuais para os programadores	P
	Apoio técnico do simulador de máquina virtual apenas no turno administrativo	1	9	1	1	1	1	1	Especialista no simulador de máquina virtual não disponível no 2º turno	Realização de treinamentos específicos para formação de um especialista no 2º turno	P
6	Falta de padrão na descrição das montagens de fases da usinagem do produto para a produção	3	1	1	9	1	1	1	Formas diferentes para descrever as montagens de fases do produto que será usinado	Padronizado os textos na descrição das montagens de fases do produto a ser usinado	A
	Tolerância geométrica aplicada equivocadamente na elaboração do programa CN	9	1	1	1	1	1	1	Programador tem treinamento insuficiente sobre tolerâncias geométricas	Realização de treinamentos específicos para os programadores	A

Quadro 12 - Oportunidades percebidas durante eventos *kaizen* (Etapas 7 e 8)

Etapas	DEFICIÊNCIA							CAUSA RAIZ	SOLUÇÃO	CRITÉRIO PACE	
	DESCRIÇÃO	DESPERDÍCIOS									
		Defeito	Espera	Movimentação	Excesso	Transporte	Processamento				Estoque
7	Programador não acompanha o teste prático do programa de usinagem na produção	9	9	1	1	1	1	1	Não agendamento do teste prático acarreta em muitos casos, do programador ter que acompanhar o teste prático em duas máquinas diferentes simultaneamente	Agendamento do teste prático com acompanhamento do programador	A
	Ausência de critério na avaliação do <i>try-out</i> por parte da produção	9	1	1	1	1	3	1	Cada operador de máquina avalia o <i>try-out</i> de forma diferente	Criado um <i>check list</i> padrão para realizar a avaliação do <i>try-out</i>	P
8	Cadastro do programa CN no banco de armazenamento da engenharia de manufatura com nomenclatura errada	9	1	1	1	1	3	1	Ausência de padronização na nomenclatura dos diferentes tipos de programas CN	Padronizado a nomenclatura dos programas CN para peças série, especial e ensaio	A
	<i>Status</i> do programa de usinagem não é atualizado no banco de armazenamento da engenharia de manufatura	1	9	1	1	1	1	1	Incerteza sobre a conclusão dos programas de usinagem armazenados no banco de dados da engenharia de manufatura para liberação para produção realizar a usinagem	Criado um sistema onde apenas programas concluídos são transferidos para as máquinas CN	A

A priorização dos tipos de desperdícios no processo serviu como apoio aos membros da equipe na busca das causas fundamentais e no encontro de soluções efetivas para cada uma das deficiências. Na Figura 18 se mostra a classificação dos tipos de perda, obtida a partir da totalização dos escores de associação mostrados nos Quadros 9, 10, 11 e 12, os desperdícios de **espera** e **defeito** foram os mais freqüentes durante o processo de elaboração do programa CN.

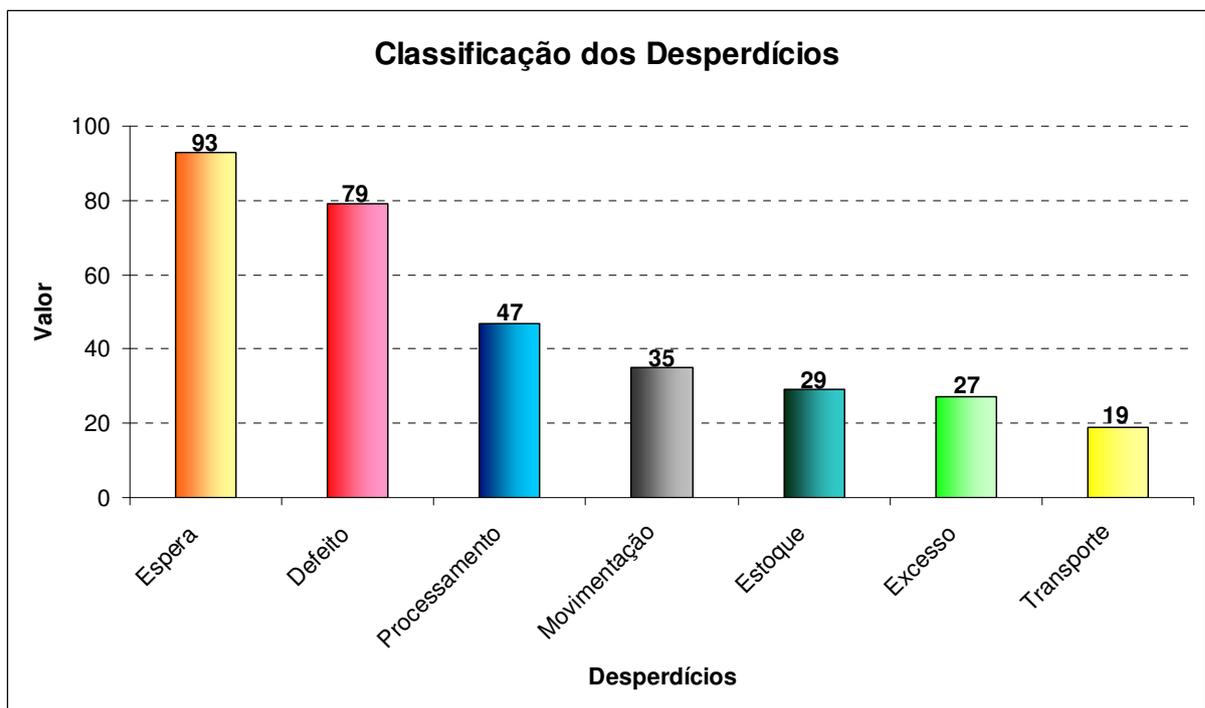


Figura 18 – Classificação dos desperdícios

### 5.3. IMPLANTAÇÃO VIA PROJETO

Foram listadas por meio da análise do MFV vinte e uma deficiências / oportunidades na elaboração do programa CN. Sendo que dezenove foram implantadas na semana do EK (citadas nos quadros 9, 10, 11 e 12) e duas foram atendidas posteriormente (um novo simulador virtual e um novo *software* para realizar as folhas de operações), por meio de projetos dedicados. A prioridade para a implantação das soluções foi orientada pelo diagrama de PACE (Quadro 6, pg. 40), pois não seriam possíveis de abordar todas durante o EK.

A título de exemplo, descreve-se a seguir uma destas oportunidades que não foi possível de implantar durante o EK, referente à compra de um novo simulador virtual de máquinas, cuja aquisição foi posteriormente direcionada por projeto específico.

**Projeto:** simulador virtual

**Histórico:** o simulador virtual de máquina CNC atual não evoluiu na mesma medida que os aplicativos de programação CN (CAM). Atualmente os programas de usinagem são realizados com velocidade superior a possível de se obter com o simulador, que acabou por se tornar lento para os padrões correntes de operação.

**Objetivo Fundamental:** reduzir o tempo de simulação do programa CN.

**Escopo:** analisar, definir tecnicamente, validar e implantar a melhor opção entre os simuladores virtuais existentes no mercado.

**Premissas:** redução de 10% do tempo de programação (em Horas-homem) para simulação virtual.

**Resultados Operacionais Esperados:** aumento da produtividade na programação CN.

**Características avaliadas:** cada característica considerada na decisão foi ponderada utilizando-se um sistema de escores apresentados nos Quadros 13 e 14.

Quadro 13 - Característica referente à propriedade denominada “Atendimento”

ATENDIMENTO	
5	Excede expectativa
3	Atende expectativa
1	Atende com restrição
0	Não atende

Quadro 14 - Característica referente à importância denominada “Peso”

PESO	
5	Imprescindível
3	Importante
1	Interessante

As características analisadas estão brevemente descritas a seguir:

- ✓ **Colisão:** como é informada a colisão da máquina, ou seja, por meio da parada do movimento, alerta visual (coloração do *display*), geração do relatório, apresentação do número do bloco do programa CN. Este item tem peso 5, pois é o objetivo principal do software;
- ✓ **Produtividade:** é necessário que a simulação virtual dos movimentos de máquinas seja feita de forma rápida, pois ocorrem casos em que é necessário atender com urgência os clientes (produção / montagem). Este item tem igualmente peso 5;
- ✓ **Remoção de Material:** as simulações do programa CN (peça primária) são realizadas por meio de um envelope pré-definido (placa, *cut-to-size*, forjado) e na medida em que a simulação avança o envelope é modelado, deste modo é possível visualizar o formato da peça, portanto este item tem peso 3;
- ✓ **Interface Usuário:** o simulador tem que ser de fácil manuseio, não se desejando que apresente poluição visual, ou seja, tem que ter um aspecto *Clean / Lean*. A experiência tem mostrado que a dificuldade de “manuseio” com o aplicativo cria barreira para sua utilização. Este item tem peso 3;
- ✓ **Integração:** Utilização da mesma plataforma do CAM, ou seja, não necessitar sair do ambiente de trabalho para realizar a simulação virtual. Este item tem peso 3;
- ✓ **Medição:** após simulação é necessário medir algumas regiões da peça, como por exemplo, espessura da alma e aba, posição e diâmetros de furos, etc. Esta medição é somente um *check* da simulação. Este item pode ser considerado de pouca necessidade, portanto tem peso 1;
- ✓ **Biblioteca de Máquina:** ponderar se as máquinas virtuais já existentes na biblioteca padrão do aplicativo podem ser utilizadas por terem os comandos virtuais iguais ou semelhantes aos equipamentos existentes no parque de usinagem da empresa. Este item tem peso 3, pois podem ser construídas.

Uma matriz de comparação entre as soluções oferecidas pelos potenciais fornecedores e a capacidade do sistema atual é usada para determinar qual o simulador virtual que melhor

atenderá as necessidades. Nesta matriz, ilustrada na Tabela 1, a pontuação é determinada por meio da multiplicação das características **peso x atendimento**.

Tabela 1 - Comparativo entre simuladores de Máquinas Virtuais

Peso	ITEM	FORNECEDOR						Atual		
		A		B		C		Atendimento	Pontuação	
		Atendimento	Pontuação	Atendimento	Pontuação	Atendimento	Pontuação			
5	Colisão	Informação visual	3	15	3	15	5	25	3	15
5	Performance	Rapidez da simulação virtual	3	15	3	15	5	25	1	5
3	Remoção de Material	Visualização da simulação	1	3	1	3	5	15	1	3
3	Interface Usuário	Sistema amigável de fácil manipulação	3	9	3	9	3	9	3	9
3	Integração	Utilização da mesma plataforma CAM	5	15	5	15	1	3	1	3
1	Medição	Análise / medição do sólido após simulação	1	1	1	1	5	5	1	1
3	Biblioteca de Máquina	Quantidade de máquinas virtuais existentes	1	3	1	3	3	9	5	15
5	Risco (inverso)	Maturidade do sistema	1	5	3	15	5	25	1	5
<b>TOTAL</b>			<b>66</b>		<b>76</b>		<b>116</b>		<b>56</b>	

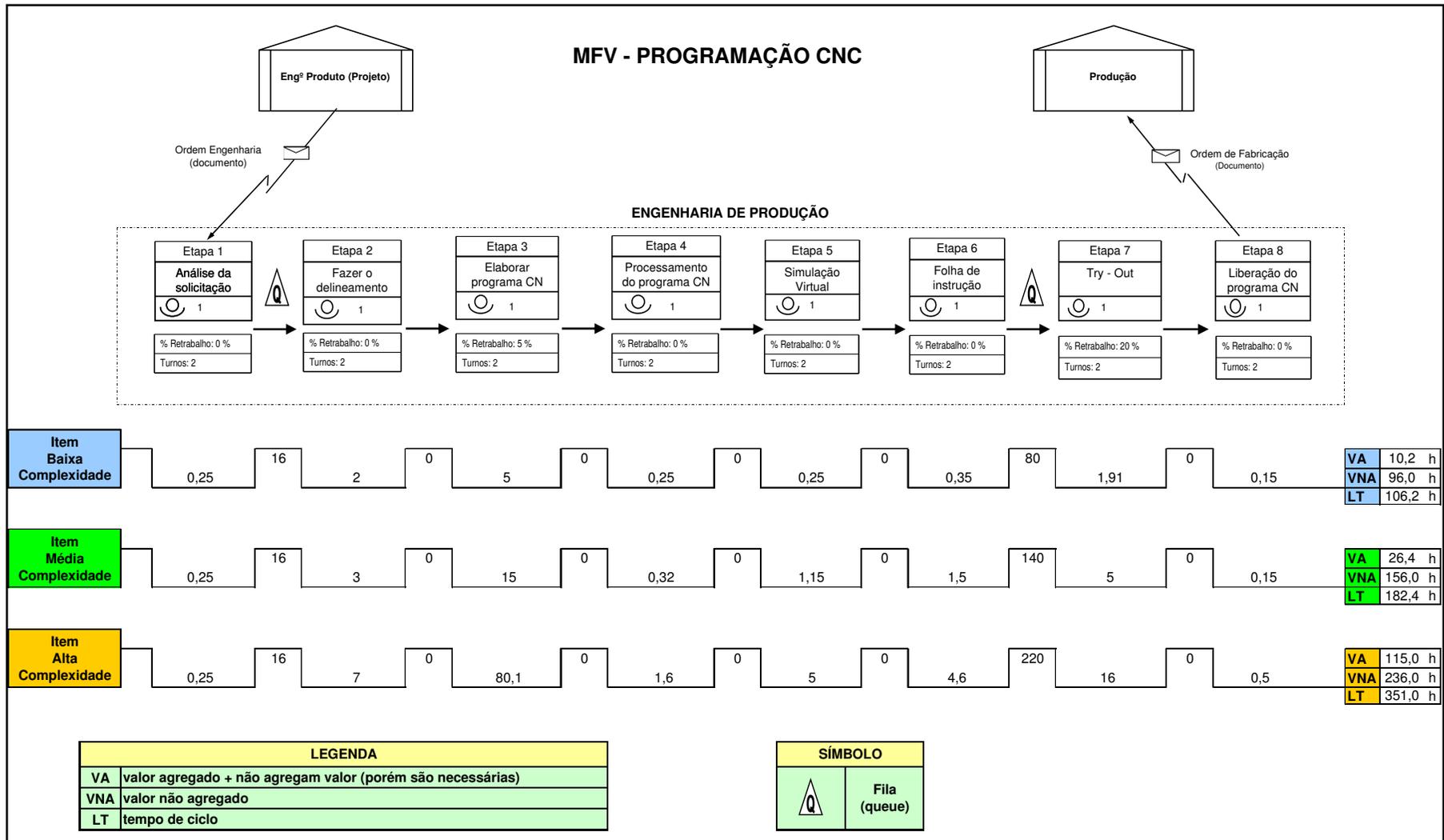
Como o *software* oferecido pelo fornecedor “C” obteve a maior pontuação, ele eventualmente será o selecionado para aquisição.

#### 5.4. MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR PARA O ESTADO FUTURO

O MFV no estado futuro foi elaborado por meio da análise e entendimento claro do MFV do estado atual, juntamente com os objetivos traçados pelo time para mitigar a porcentagem do tempo que não agrega valor. A elaboração do MFV do estado futuro é o meio de representar o processo na melhor condição, ou seja, ilustrando o processo ideal para elaboração do programa. Os desperdícios foram tratados como oportunidades de melhoria.

Buscando “o estado da arte” em relação à elaboração do programa de usinagem todas as deficiências em cada etapa foram diagnosticadas e com ajuda das ferramentas da manufatura enxuta (fluxo contínuo, padronização, 5S, treinamento, etc.), alternativas de melhorias foram propostas e implementadas no MFV do estado futuro. “Pensando fora da caixa”, ou seja, buscando soluções inovadoras e com baixo custo, o time construiu o MFV no estado futuro conforme Figura 19.

Figura 19 - MFV estado Futuro



Na etapa 3 (elaborar programa CN) a porcentagem do retrabalho foi reduzida de 15% para 5%. Este fato ocorreu devido a troca de informações entre os programadores que, trabalhando em dupla no mesmo produto, conseguiram minimizar os erros de estratégias e de usinagem.

Na etapa 7 (try-out) a porcentagem do retrabalho também foi reduzida de 40% para 20%. Isto ocorreu como um subproduto da etapa 3, isto é, como houve uma melhora na elaboração dos programas de usinagem os erros foram reduzidos.

Entre as etapas 6 (folha de instrução) e 7 (try-out) o tempo de espera na fila foi reduzido. O fluxo contínuo entre os programadores atuou de modo a facilitar o agendamento do teste prático.

A Figura 20 indica o desempenho do processo para as famílias de peças de baixa, média e alta complexidade.

Item Baixa Complexidade	VA	10,2 h	1,5 Dias
	VNA	96,0 h	13,7 Dias
	LT	106,2 h	15,2 Dias
Item Média Complexidade	VA	26,4 h	3,8 Dias
	VNA	156,0 h	22,3 Dias
	LT	182,4 h	26,1 Dias
Item Alta Complexidade	VA	115,0 h	16,4 Dias
	VNA	236,0 h	33,7 Dias
	LT	351,0 h	50,1 Dias

Figura 20 - Tempo de execução do programa CN no MFV futuro

### 5.5. LAY-OUT DAS ESTAÇÕES CAM

Antes da realização do evento *Kaizen* a distância entre as estações de CAD / CAM e os computadores era de aproximadamente cinco metros, deste modo quando era necessária a utilização do computador para consultar os parâmetros de corte, fazer a simulação virtual e elaborar a folha de instrução, o programador era obrigado a percorrer esta distância.

Após alteração do *lay-out* da seção da programação durante o EK, os computadores foram posicionados ao lado das estações CAD / CAM, desta maneira eliminando-se à movimentação desnecessária, ação que refletiu em um ganho de 30 minutos por dia para cada programador (equivalente a 7% de redução no tempo operacional).

A Figura 21 esquematiza a mudança realizada na etapa 3 do MFV.

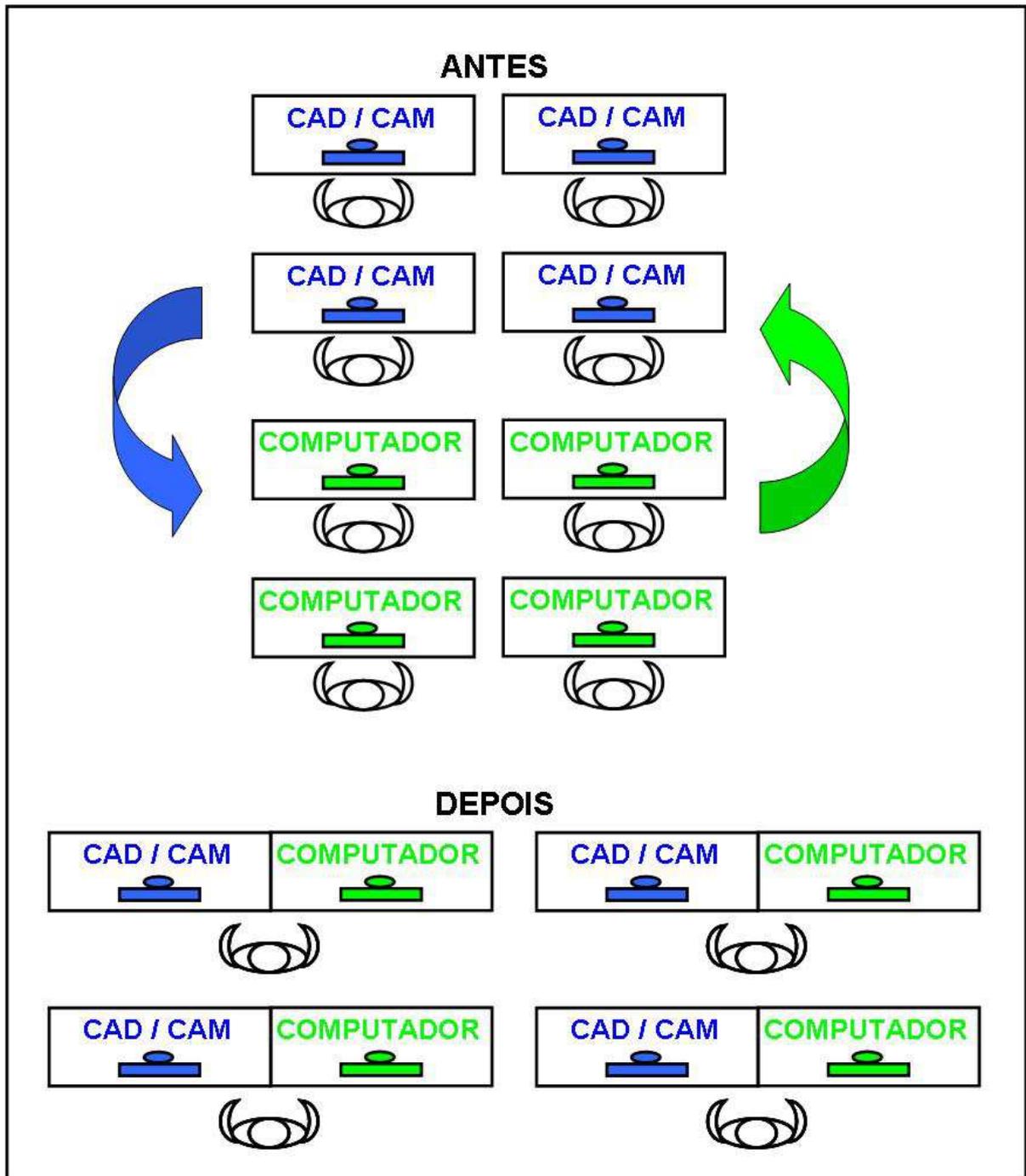


Figura 21 - Alteração do *layout* da seção de programação

## 5.6. FLUXO CONTÍNUO NA PROGRAMAÇÃO CN

Os programas CN eram interrompidos constantemente, pois o programador do primeiro turno elaborava o programa de usinagem para a peça “A” e o programador do segundo turno elaborava o programa de usinagem para a peça “B”. Deste modo os programas não seguiam um fluxo contínuo, aumentando o tempo de ciclo dos programas de usinagem, não atendendo a necessidade do cliente.

Com a realização do evento *Kaizen*, adotou-se o fluxo contínuo na programação, ou seja, os programadores dos dois turnos trabalham na elaboração do programa da mesma peça, fazendo com que o programa CN não fosse mais interrompido entre os turnos de trabalho.

Como benefício deste sistema de trabalho pode-se citar:

- ✓ redução do ciclo da programação;
- ✓ troca de informações técnicas (estratégia de usinagem, fixação do produto);
- ✓ melhoria da informação entre a Engenharia de Produção e Produção;
- ✓ flexibilidade na execução do *try-out* (suporte “*on-line*” nos dois turnos de trabalho).

Um ponto de alerta a ser observado com o trabalho em duplas é que esta prática requer que estes times sejam formados por profissionais que atuem em conjunto, com sinergia. A Figura 22 ilustra o antes e o depois da aplicação da sistemática de trabalho do fluxo contínuo, na etapa 3 do MFV.

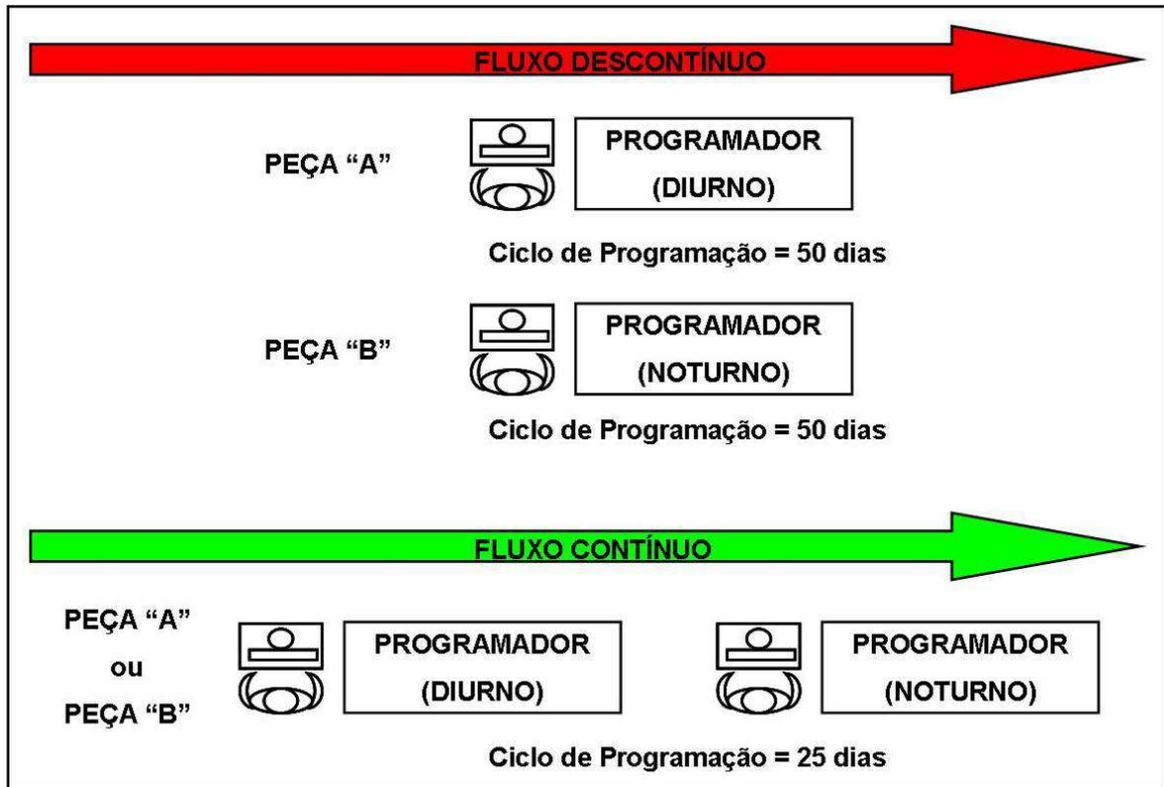


Figura 22 - Fluxo contínuo na programação (tempos hipotéticos)

## 5.7. ACOMPANHAMENTO DAS MELHORIAS

Após realização da primeira fase (*pré-kaizen*, onde é feita toda a preparação) se segue o evento *kaizen* propriamente dito, realizado em cinco dias, quando o time implanta as ações de melhoria, monitora o processo e, próximo do final desta etapa, mede os resultados preliminares obtidos confrontando-os com os benefícios esperados. Na terceira e última fase, normalmente de maior duração, busca-se implantar as ações de melhorias eventualmente remanescentes da semana do evento, continuando-se a monitorar os resultados para perenizar os benefícios. O compartilhamento das informações entre os membros da equipe é feito pelo uso de relatórios A3, que são subdivididos em cinco campos.

Neste estudo de caso, exemplifica-se a aplicação do relatório A3 para documentar a solução encontrada a um dos problemas verificados durante o evento *kaizen*. A título de exemplo, um destes relatórios, documentando uma oportunidade observada na etapa 3 do fluxo de trabalho, é apresentado no Quadro 15.

Quadro 15 - Relatório A3

<b>Relatório A3 - Aumento da eficiência no desenvolvimento de programas de usinagem (CAM)</b>
<p><b>1. Definição e descrição do problema</b></p> <p>O processo de programação de uma máquina de comando numérico resulta em um conjunto de informações cartesianas e no estabelecimento de parâmetros de usinagem que definem a seqüência do ciclo operacional. O tempo requerido para a construção dos programas é habitualmente extenso tornando esta etapa um evento crítico para obtenção de uma peça usinada.</p>
<p><b>2. Análise do problema</b></p> <p>O desenvolvimento de programas de usinagem requer mão de obra especializada e razoável tempo para execução, devido fundamentalmente a complexidade existente. O binômio especialização/tempo tem duas conseqüências principais: custo dos recursos humanos com impacto na operação e o prazo para execução do serviço de programação para o cliente usinagem.</p> <p>Na metodologia atual de trabalho cada programa de usinagem é preparado por um único técnico. Esta prática cria um hiato de um turno no desenvolvimento, caracteriza um fluxo operacional descontínuo, impossibilita o atendimento a produção na ausência do técnico programador e aumenta o prazo de entrega do serviço para a usinagem.</p>
<p><b>3. Plano de implementação</b></p> <p>Para implantar o fluxo contínuo de desenvolvimento dos programas de usinagem foi adotado o conceito de times de trabalho com dois integrantes (um em cada turno). O <i>lay-out</i> do setor da engenharia foi modificado para facilitar o trabalho em time e aproximar os recursos de trabalho dos programadores.</p>
<p><b>4. Resultados</b></p> <p>A melhoria operacional resultante das oportunidades identificadas e tratadas no evento <i>kaizen</i> e a variação obtida em produtividade estão apresentados nos Quadros 9, 10, 11 e 12 (pgs 58 – 61) e nas Tabelas 2, 3 e 4 (pgs 73 – 75, a seguir), respectivamente.</p>
<p><b>5. Passos futuros</b></p> <p>Implantação de um relatório de monitoramento das atividades realizadas semanalmente pelos times de trabalho, disponibilizado para consulta nos painéis de gestão à vista.</p>

## 5.8. GANHOS DE PRODUTIVIDADE

Com as mudanças na prática de trabalho definida durante o evento *kaizen* o tempo médio de elaboração dos programas CN de baixa complexidade, variável que representa o número de dias efetivamente usados no desenvolvimento dos programas de usinagem desta natureza, foi reduzido de 2,86 para 1,45 dias (ou 49% de redução). O tempo médio de espera entre as Atividades, variável que não agrega valor por representar o tempo efetivamente não empregado no desenvolvimento dos programas de usinagem, foi reduzido de 32,00 para 13,71 dias (ou 57%). Como resultado do desenvolvimento do trabalho em fluxo contínuo, o tempo médio de ciclo foi reduzido de 34,86 para 15,16 dias (ou 57%), conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Produtividade antes e depois do *kaizen* para programas de baixa complexidade

VARIÁVEL	Tempo de Elaboração do Programa CN (dias)*	Tempo de Espera entre as Atividades (dias)*	Tempo de Ciclo do Programa CN (dias)*	Tamanho da Amostra (ordens de serviço)
	Média	Média	Média	
<b>Antes do <i>Kaizen</i></b>	2,86	32,00	34,86	81
<b>Depois do <i>Kaizen</i></b>	1,45	13,71	15,16	48
<b>Redução</b>	1,41	18,29	19,70	

\* 1 dia útil equivale a 14 horas

De modo análogo, o tempo médio de elaboração dos programas CN de média complexidade foi reduzido de 10,13 para 3,77 (ou 63%) e o tempo médio de espera entre as Atividades foi reduzido de 46,29 para 22,29 dias (ou 52%). Para este tipo de programa o tempo médio de ciclo foi reduzido de 56,42 para 26,06 dias (ou 54%), conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3 - Produtividade antes e depois do *kaizen* para programas de média complexidade

VARIÁVEL	Tempo de Elaboração do Programa CN (dias)*	Tempo de Espera entre as Atividades (dias)*	Tempo de Ciclo do Programa CN (dias)*	Tamanho da Amostra (ordens de serviço)
	Média	Média	Média	
<b>Antes do <i>Kaizen</i></b>	10,13	46,29	56,42	106
<b>Depois do <i>Kaizen</i></b>	3,77	22,29	26,06	71
<b>Redução</b>	6,36	24,00	30,36	

\* 1 dia útil equivale a 14 horas

O tempo médio de elaboração dos programas CN de alta complexidade foi reduzido de 28,32 para 16,43 (ou 42%) e o tempo médio de espera entre as atividades foi reduzido de 53,43 para 33,71 dias (ou 37%). Para este tipo de programa o tempo médio de ciclo foi reduzido de 81,75 para 50,14 dias (ou 39%), conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4 - Produtividade antes e depois do *kaizen* para programas de alta complexidade

<b>VARIÁVEL</b>	<b>Tempo de Elaboração do Programa CN (dias)*</b>	<b>Tempo de Espera entre as Atividades (dias)*</b>	<b>Tempo de Ciclo do Programa CN (dias)*</b>	<b>Tamanho da Amostra (ordens de serviço)</b>
	<b>Média</b>	<b>Média</b>	<b>Média</b>	
<b>Antes do <i>Kaizen</i></b>	28,32	53,43	81,75	23
<b>Depois do <i>Kaizen</i></b>	16,43	33,71	50,14	16
<b>Redução</b>	11,89	19,72	31,61	

\* 1 dia útil equivale a 14 horas

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A literatura pesquisada sobre os conceitos da Produção Enxuta e Evento *Kaizen* norteou este trabalho a alcançar os objetivos estabelecidos pela empresa na área de programação.

A metodologia do EK tem como característica: curta duração com resultados concretos e a um baixo custo; objetivos agressivos; eliminação do desperdício no fluxo de valor e o uso da criatividade para solução dos problemas, desenvolvidos por equipe multifuncional dedicada integralmente ao evento.

Mesmo trabalhando com ferramentas tecnológicas de última geração de CAD/CAM no desenvolvimento de peças, a área de programação encontrava dificuldades para entregar para o setor de fabricação os programas de usinagem nos prazos. Consequentemente causava impactos na montagem dos aviões.

No presente trabalho descreve-se como a técnica do EK foi aplicada na área da programação, para obter ganhos na produtividade no desenvolvimento de programas de usinagem. A pesquisa alcançou os seguintes objetivos específicos: identificação dos desperdícios dentro do processo de elaboração do programa; mapeamento do estado atual e do estado futuro do processo; redução do tempo de elaboração do programa e do tempo de ciclo das peças.

Com a construção do mapeamento do fluxo de valor atual, foi possível identificar e registrar os desperdícios no fluxo para elaboração do programa de usinagem e verificar que existiam as atividades que agregavam valor (como a fase de elaboração do programa de usinagem no software CAD/CAM), as atividades que não agregavam valor (como a interrupção do programa CN nos turnos de trabalhos) e as de atividades que não agregam valor, porém são necessárias (como a simulação virtual dos programas de usinagem).

A aplicação de ferramentas da manufatura enxuta, dentre elas o fluxo contínuo e o 5S, viabilizou alcançar o objetivo específico de identificar, eliminar ou mitigar os desperdícios dentro do processo de elaboração do programa de usinagem, conforme mostrado nos Quadros 9, 10, 11 e 12 (paginas 58 - 61).

O programa CN de baixa complexidade atingiu uma redução de 49% do tempo de elaboração. Já para o programa CN de média complexidade a redução foi de 63% do tempo de

elaboração e para o de alta complexidade a redução foi de 42%. Estes resultados obtidos mostraram que o objetivo de diminuir o tempo de elaboração do programa CN foi devidamente alcançado.

Em relação ao objetivo específico de reduzir o tempo de ciclo na entrega dos programas de usinagem para a produção foi parcialmente atingido, pois para programa CN de baixa complexidade a redução do tempo médio do ciclo foi de 57%, para o programa CN de média complexidade a redução do tempo médio do ciclo foi de 54%, ambas atingindo a meta. Para os programas de usinagem de peças de alta complexidade a redução do tempo médio do ciclo foi de 39%, pouco abaixo da meta, indicando que ainda há espaço para melhorias futuras.

As ações planejadas e implantadas no EK tiveram efeito positivo para os 3 grupos de peças, contudo para as peças de alta complexidade o ganho de produtividade foi menor em comparação com as peças de baixa e média complexidade. Os esforços para eliminar esta diferença estão em andamento e se concentram basicamente em melhorar a passagem de informações durante a troca dos turnos nas peças de alta complexidade.

Com a aplicação do EK conseguiu-se mitigar os desperdícios relacionados dentro das etapas de elaboração do programa de usinagem, o exemplo deste fato é a eliminação do tempo de espera entre os turnos por meio do fluxo contínuo. Contudo o tempo de espera entre as etapas 6 (folha de instrução) e a etapa 7 (try-out) não foi possível eliminar e sim diminuir, pois o agendamento do teste prático depende da fila de produtos que devem ser usinados para atender a demanda da montagem. Outro benefício alcançado com o EK que deve ser salientado é a satisfação do cliente final (setor de fabricação de peças), pois com o trabalho em fluxo contínuo pelos programadores CN e a redução do tempo de ciclo, o mesmo recebe o produto (programa CN) com maior rapidez e com apoio do programador usinagem nos dois turnos de trabalho.

Usando a metodologia de EK, complementada pelo uso do relatório A3, foi possível identificar e operacionalizar diversas ações de melhoria de produtividade que resultaram principalmente em menor número de homens-hora e menor prazo para a elaboração dos programas.

Com a realização do EK foi possível também verificar que foram alcançados os resultados previstos na área da programação de controle numérico sem o aumento de recursos (programadores CN e estações de CAD / CAM).

Além disto, dois benefícios intangíveis podem ser mencionados:

1. Como o evento é programado com antecipação e os envolvidos passam boa parte do tempo em conferência num mesmo local de trabalho, estabelece-se um ambiente no qual todos se sentem estimulados a adotar uma atitude proativa além de compartilhar o conhecimento em grande sinergia;
2. Percebe-se no decorrer do evento a satisfação coletiva dos participantes em ter contribuído com idéias objetivas e facilmente materializáveis.

A aplicação do evento *kaizen* alcançou excelentes resultados na área de programação de controle numérico, contudo este trabalho mostrou que existe uma necessidade de melhorar constantemente a forma de elaborar os programas de usinagem, portanto é necessário manter e conquistar novas melhorias e redução dos desperdícios ao longo do tempo.

## 7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No departamento onde o estudo foi realizado, existe outro setor que elabora programa para máquinas, contudo com características diferentes, pois se destinam à inspeção de peças. Estes programas são utilizados na inspeção tridimensional do produto. Por se tratar de programas para máquina de medição o método utilizado neste trabalho poderia ser aplicado nesta área com grande êxito na redução do tempo de ciclo de inspeção de peças.

Outra sugestão diz respeito ao setor que é responsável pelo desenvolvimento de ferramentas de corte. Os programas de usinagem quando liberados para produção, necessitam de meios para transformar o material bruto em produto final. Estes meios são as máquinas CNC, dispositivos de fixação e ferramentas de corte, e são classificados como insumos. Contudo é necessários controlar a vida útil destes insumos que geram custos ao produto final, as máquinas de controle numérico e os gabaritos possuem um controle de manutenção preventiva que controla esta obsolescência ou vida útil. As ferramentas de corte não possuem este controle, hoje não se conhece sua durabilidade. Para determinar o tempo de usinagem e ter um melhor controle de aproveitamento das ferramentas de corte seria interessante estender a aplicação do evento *kaizen* nesta área.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. A. R. **Elaboração de um Método para Melhoria dos Fluxos de Informação Usando Princípios da Mentalidade Enxuta e Reengenharia de Processos**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

ARAÚJO, C. A. C. **Desenvolvimento e aplicação de um Método de Implementação de Sistemas de Produção Enxuta utilizando os processos de raciocínio da Teoria das Restrições e o Mapeamento do Fluxo de Valor**. Dissertação de mestrado. EESC – USP, 2004.

ARAÚJO, C. A. C.; RENTES, A. F. **A Metodologia *Kaizen* na Condução de Processos de Mudança em Sistemas de Produção Enxuta**. Revista Gestão Industrial, v. 2, n. 2, p. 133-142, 2006.

BRALLA, J. G. **DFX - Design For eXcellence**. New York: McGraw-Hill, 1996.

BRIALES, J. A. **Melhoria Contínua através do *Kaizen***: Estudo de Caso Daimlerchrysler do Brasil. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão pela Qualidade Total), Universidade Federal Fluminense, RJ, 2005.

CARDOSO, A.; BATTAGLIA, F.; FERRO, J. **Introdução à Mentalidade Enxuta**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2006.

CHAKRAVORTY, S. C. **Process Improvements: Using Toyota's A3 Reports**. Quality Management Journal, v. 16, n. 4, p.7-26, 2009.

CHAVES FILHO, J. G. B. **Melhores Práticas para Garantia de Sustentabilidade de Melhorias Obtidas Através de Eventos *Kaizen***. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Escola de Engenharia de São Carlos, SP, 2010.

DIAS, J. P. **Aplicação dos Princípios da Manufatura Enxuta no Setor Produtivo de Tubos da EMBRAER**. Dissertação (mestrado em Engenharia Mecânica), Instituto Tecnológico de Aeronáutica. São José dos Campos – SP, 2008.

DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada: Um Guia para Entender o Sistema de Produção mais Poderoso do Mundo**. Porto Alegre, Bookman, 2007.

EVANS, J. R.; LINDSAY, W. M. **The management and control of quality**. 6. ed. Mason: South-Western, 2005.

FABRIZIO, T.; TAPPING, D. **5S For the Office: Organizing the Workplace to Eliminate Waste**. New York, Productivity Press, 2006.

FERNEDA, A. B. **Integração Metrologia, CAD e CAM: uma Contribuição ao Estudo da Engenharia Reversa**. Dissertação (mestrado em Engenharia Mecânica), Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 1999.

FRANCISCHINI, P. G.; MIYAKI, D. I.; GIANNINI, R. **Adaptação de Conceitos de Melhorias Operacionais Provenientes do *Lean Production* em Operações de Serviços**. In: ENEGEP, 2006, Fortaleza, CE, Brasil.

FORD PARA TODOS, **Linha de Montagem Ford T**. Disponível em: <<http://www.fordparatodos.com.br/fotosExibe.asp?id=3863>>. Acesso em: 19 Jan, 2011.

GHINATO, P. **Elementos fundamentais do Sistema Toyota de Produção**. In: Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações, Publicado como 2o. cap. do Livro. Ed.: Adiel T. de Almeida & Fernando M. C. Souza, Edit. da UFPE, Recife, 2000.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª ed., São Paulo, Editora ATLAS S.A. 2002.

GLOVER, W. J. **Critical Success Factors for Sustaining Kaizen Event Outcomes**. The degree of Doctor of Philosophy In Industrial and Systems Engineering, The Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, USA, 2010.

GUNASEKARAM, A. **Agile Manufacturing: a Framework for Research and Development**. International Journal of Production Economics, v. 62, p. 87-105, 1999.

HINES, P.; TAYLOR, D. **Going Lean**. Lean Enterprise Research Centre Text Matters. New York, 2000.

HINES, P.; LAMMING, R.; JONES, D.; COUSINS, P.; RICH, N. **Value Stream Management: strategy and excellence in the supply chain**. Grã-Bretanha: Prentice Hall, 2000.

HORNBURG, S.; WILL, D. Z.; GARGIONI, P. C. **Introdução da Filosofia de Melhoria Contínua nas Fábricas Através de Eventos Kaizen**. XXVII ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2007.

IMAI, M. **Kaizen: a Estratégia para o Sucesso Competitivo**. 1ª Ed., Instituto IMAM, 235 p., 1986.

INVERNIZZI, G. **O Sistema Lean de Manufatura Aplicado em uma Indústria de Autopeças Produtora de Filtros Automotivos**. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica), UNICAMP, 111 p., 2006.

JATOBÁ, P. C. **As Ferramentas da Qualidade: aprendendo a aplicar para solucionar problemas**. Editora EPSE. CD Revista Banas Qualidade, 2010.

KAMINSKI, P. C. **Desenvolvendo produtos com planejamento, criatividade e qualidade**. Rio de Janeiro, RJ. Editora LTC S.A. 2000.

LARAIA, A. C.; MOODY, P. E.; HALL, R. W. **The Kaizen Blitz: Accelerating Breakthroughs in Productivity and Performance**. The Association for Manufacturing Excellence, New York, 282 p., 1999.

LEVITT, T. **Product-line approach to service**. Harvard Business Review, v.50, n. 4, 1972.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo**. Tradução Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 316p, 2005.

LIKER, J. K.; MEIER, D. **The Toyota Way Fieldbook**. McGraw-Hill Companies, 498 p., 2006.

LIKER, J. K.; MEIER, D. **O Modelo Toyota – Manual de Aplicação**. Porto Alegre: Bookman, 432p, 2007.

LIMA, A. C.; LIMA, P. C. **Implementação do Programa “5S”, como Elemento do Lean Administrativo, no Almoxarifado da FCM/UNICAMP**. In: SIMPEP, 2006, Bauru, SP, Brasil.

MALEYEFF, J. **Exploration of Internal Services Using Lean Principles**. Management Decision, v. 44, n. 5, 2006.

MANOS, A. **The Benefits of Kaizen and Kaizen Events**. Quality Progress, p.47-48, Feb. 2007.

MANOS, T. **Value stream mapping: an introduction**. Quality Progress, p.64-69, Jun. 2006.

MARCHWINSKI, C.; SHOOK, J. **Léxico Lean**: Glossário ilustrado para praticantes do Pensamento Lean. Lean Institute Brasil, 2003.

MARTIN, K.; OSTERLING, M. **The Kaizen Event Planner**. Productivity Press, 242 p.; 2007.

MINUCCI, A. **Técnicas do trabalho de grupo**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MONDEN, Y. **Sistemas de Redução de Custos: Custo - Alvo e Custo Kaizen**. Porto Alegre: Bookman, 1999.

NUNES, C. E. C. B.; ALVES, I. B. S. **Implantação do Programa 5S no Departamento Pessoal de uma Empresa de Segurança Privada (Estudo de Caso)**. XXVIII ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, Brasil, 2008.

OAKESON, M. **Kaizen Makes Dollars and Sense for Mercedes-Benz in Brazil**, IIE Solutions, v. 29, n. 4; p. 32-35, Apr 1997.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção - Além da Produção em Larga Escala**. Porto Alegre, Editora Bookman, 149 p., 1997.

PERIN, P. C. **Metodologia de Padronização de uma Célula de Fabricação e de Montagem, Integrando Ferramentas de Produção Enxuta**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Escola de Engenharia de São Carlos, SP, 2005.

REALI, L. C. P. **Aplicação da Técnica de Eventos Kaizen na Implantação de Produção Enxuta**: Estudo de Casos em uma Empresa de Autopeças. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Escola de Engenharia de São Carlos, SP, 2006.

RENTES, A. F.; VAN AKEN, E. M. **Performance Measurement System Development Process and Case Application**. Enterprise Engineering Research Lab. Working paper, Blacksburg, VA, Virginia Tech, 2000.

RIBEIRO, L. F. M. **“Fundamentos e Bases da Qualidade”**. Engenharia da Qualidade, Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Tecnologia Unijuí, RS, 2005.

ROSSATO, I. F. **Uma metodologia para a análise e solução de problema**. Dissertação (Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistema), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar: Mapeando o Fluxo de Valor para Agregar Valor e Eliminar o Desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil - Versão 1.3, 2003.

SCUCCUGLIA, M.; LIMA P. C. **Aplicação da Metodologia *Lean Manufacturing* na Área Administrativa**. In: ENEGEP, 2004, Florianópolis, SC, Brasil.

SCUCCUGLIA, M. **Aplicação do Método de Produção Enxuta em Processos Administrativos**. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP, 2006.

SHARMA, A.; MOODY, P. E. **A Máquina Perfeita: Como Vencer na Nova Economia Produzindo com Menos Recursos**. Trad. Maria Lúcia G. Leite Rosa. 1.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção: Do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SHOOK, J. **Pensamento de *Design* – Relatório A3**, Revista HSMManagement, Março-Abril, p. 88-94, 2010.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração da Dissertação**, 3ª Ed., Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 121 p., 2001.

SILVA, G. G. M. P.; HORNBERG, S.; TUBINO, D. F.; ROMIG, M.; ANDRADE, G. J. P. **O. Manufatura Enxuta, *Gemba Kaizen* e TRF: Uma Aplicação Prática no Setor Têxtil**. XXVIII ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, Brasil, 2008.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Operations Management**, Prentice Hall, 1999.

SMADI, S. A. **Kaizen Strategy and the Drive for Competitiveness: Challenges and Opportunities**, *Competitiveness Review: An International Business Management*, v. 19, n.3, p. 203-211, 2009.

TAPPING, D.; LUYSTER, T.; SHUKER, T. **Value Stream Management for the Lean Office: 8 Steps to Planning, Mapping, and Sustaining Lean Improvements in Administrative Areas**. Productivity Press, New York, USA, 2002.

TOTAL QUALIDADE, **Tipos de Brainstorming para geração de idéias**. Disponível em: <<http://www.totalqualidade.com.br/2010/06/brainstorming-para-geracao-de-ideias.html>>. Acesso em: 12 Dez, 2011.

TURATI, R. C. **Aplicação dos Conceitos de Lean Office no Setor Administrativo Público**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

VINODH, S.; SUNDARARAJ, G.; DEVADASAN, S.R.; RAJANAYAGAM, D. **Agility Through CAD/CAM Integration**, *Journal of Manufacturing Technology Management*, v.20, n. 2, p. 197-217, 2009.

WERKEMA, M. C. C. **Lean Seis Sigma - Introdução às Ferramentas do Lean Manufacture**. Belo Horizonte: Werkema Editora, 2006.

WOMACK, J. P; JONES, D. T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas**. 3 Edição. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo**. 10<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Editora Campus / Elsevier, 2004.

Autorizo cópia total ou parcial desta obra, apenas para fins de estudo e pesquisa, sendo expressamente vedado qualquer tipo de reprodução para fins comerciais sem prévia autorização específica do autor.

Oswaldo Massaharu Ito

Taubaté, Março de 2012.